

インド国

コルカタ・メトロ公社

インド国
コルカタ東西地下鉄建設事業補足調査
【有償勘定技術支援】

最終報告書

平成30年6月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

| |
|--------|
| 南ア |
| JR |
| 18-007 |

インド国

コルカタ・メトロ公社

インド国
コルカタ東西地下鉄建設事業補足調査
【有償勘定技術支援】

最終報告書

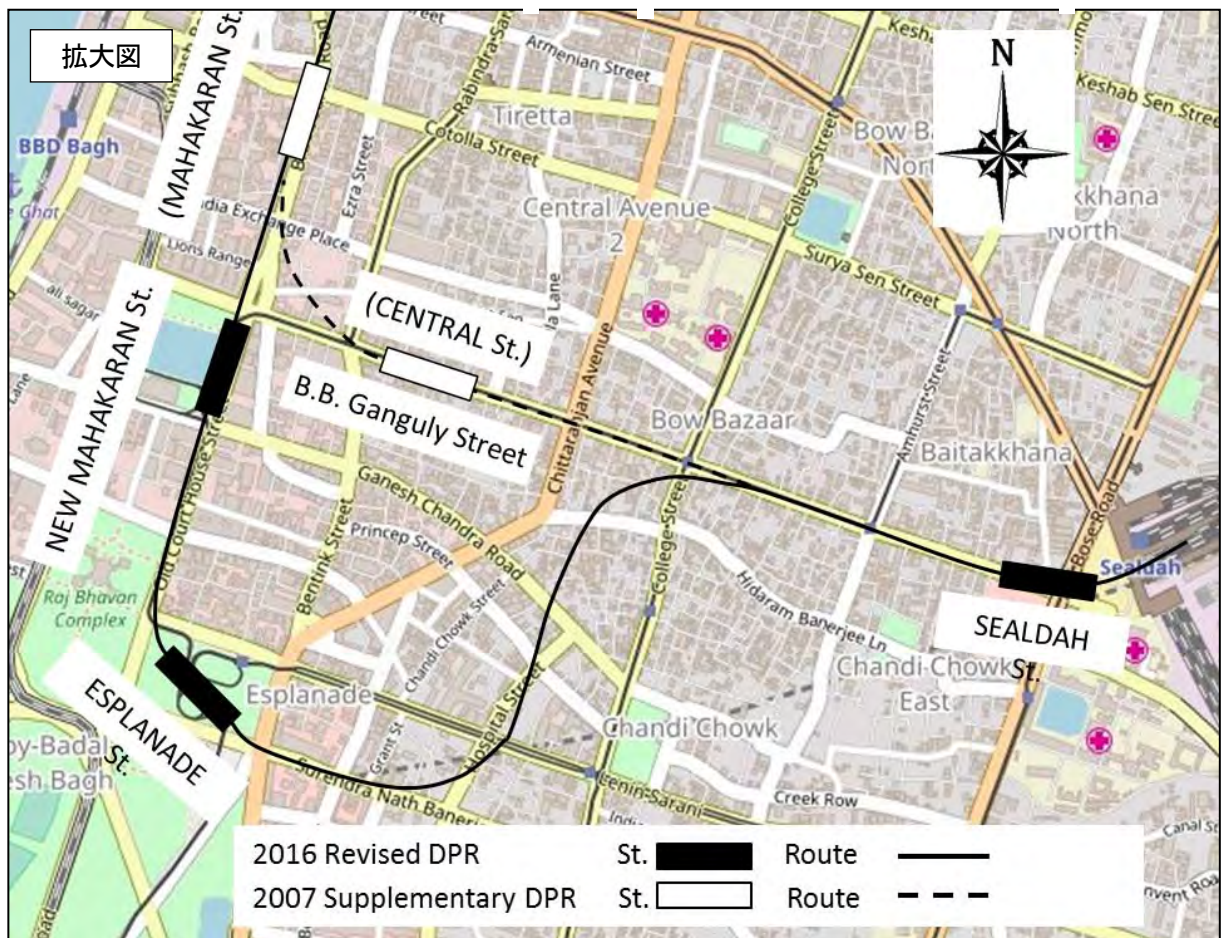
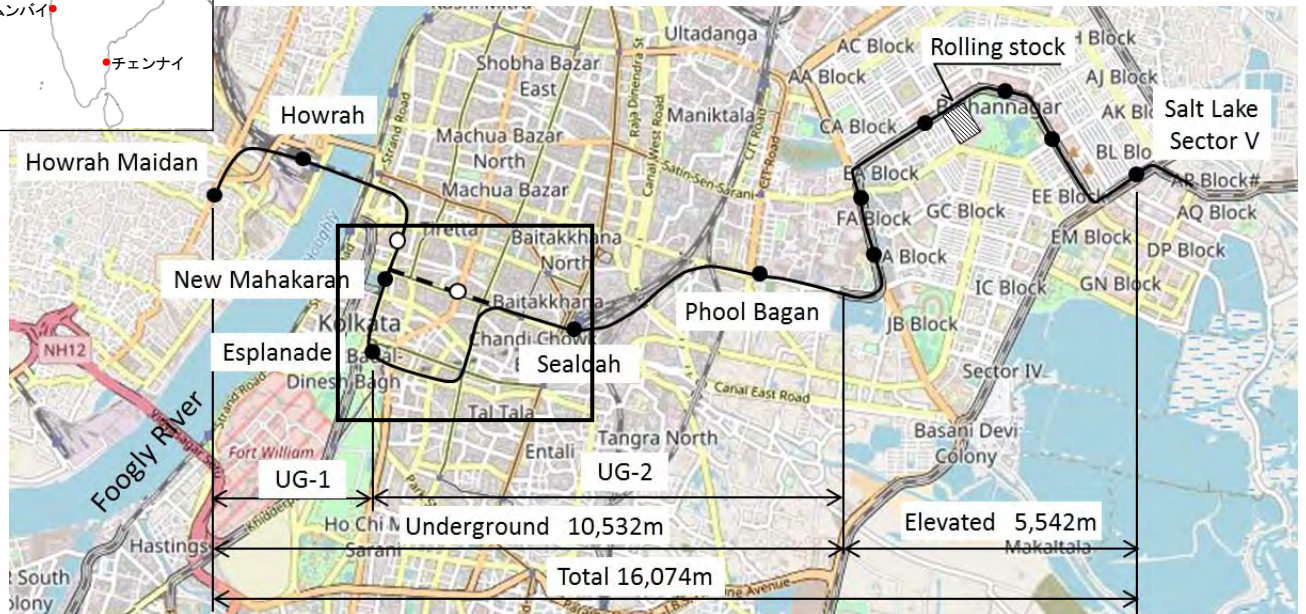
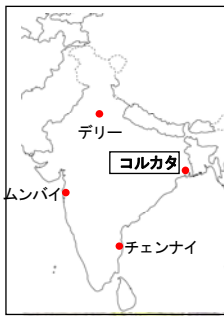
平成 30 年 6 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

工事費積算基準年月：2017年6月

| | |
|------------|------------------|
| 米ドル／日本円 | 1 USD = 112 JPY |
| 米ドル／インドルピー | 1 USD = 64.4 INR |
| インドルピー／日本円 | 1 INR = 1.74 JPY |



調査対象地域位置図

現地調査写真 (1)



写真-1 KMRCL、GC とのプレキックオフミーティング (撮影 2017/ 2/23)



写真-2 JICA、KMRCL、GC とのキックオフミーティング(1) (撮影 2017/ 2/27)



写真-3 JICA、KMRCL、GC とのキックオフミーティング(2) (撮影 2017/ 2/27)



写真-4 GC との全体ミーティング(1) (撮影 2017/ 2/28)



写真-5 GC との全体ミーティング(2) (撮影 2017/ 2/28)



写真-6 MoM 署名(KMRC Chief Engineer) (撮影 2017/ 3/1)

現地調査写真 (2)



写真-7 Esplanade Station 計画地を南東方向より望む (撮影 2017/7/22)



写真-8 New Mahakaran Station 計画地を北側より望む (撮影 2017/ 3/5)



写真-9 Howrah Maidan Station 駅部開削工事状況 (撮影 2017/ 2/21)



写真-10 Sealdah Station 駅部開削工事状況 (撮影 2017/ 6/30)



写真-11 Howrah ~ New Mahakaran Station 間のトンネル施工状況 (撮影 2017/ 6/27)



写真-12 Depot 内の検査庫の施工状況 (撮影 2017/ 6/27)

現地調査写真 (3)



写真-13 高架区間の施工状況
(撮影 2017/ 2/26)



写真-14 高架区間駅 Salt Lake Sector V Station の施工状況 (撮影 2017/ 2/27)



写真-15 コルカタ地下鉄南北線視察
(撮影 2017/ 6/28)



写真-16 チェンナイ地下鉄 CMRL、GC との現地視察前協議 (撮影 2017/ 8/4)



写真-17 KMRCL への DFR 報告協議
(撮影 2018/ 1/12)



写真-18 KMRCL への DFR 報告協議・KMRCL 側の参加者 (撮影 2018/ 1/12)

コルカタ東西地下鉄整備事業補足調査 最終報告書 目次

調査対象地域位置図

現地調査写真

目次

図表目次

略語表

調査結果の概要（要約）

| | |
|--|------|
| 第1章 調査概要 | 1-1 |
| 1.1 調査の背景と目的 | 1-1 |
| 1.2 調査の内容とスケジュール | 1-2 |
| 1.2.1 調査の内容 | 1-2 |
| 1.2.2 スケジュール | 1-3 |
| 1.3 JICA 調査団の構成 | 1-3 |
| 第2章 コルカタ東西地下鉄建設事業の概要 | 2-1 |
| 2.1 事業概要 | 2-1 |
| 2.1.1 プロジェクトの概要 | 2-1 |
| 2.1.2 地盤概要 | 2-4 |
| 2.1.3 トンネル工事 | 2-5 |
| 2.1.4 プロジェクトの特性 | 2-7 |
| 2.2 事業の進捗状況 | 2-8 |
| 2.3 路線変更の内容 | 2-9 |
| 2.4 インド国における地下鉄事業の概要 | 2-10 |
| 第3章 対象地域の概要 | 3-1 |
| 3.1 地理および行政区分 | 3-1 |
| 3.2 人口 | 3-2 |
| 3.3 地域経済 | 3-3 |
| 3.4 土地利用 | 3-4 |
| 3.5 交通状況 | 3-5 |
| 3.5.1 概要 | 3-5 |
| 3.5.2 道路 | 3-6 |
| 3.5.3 鉄道 | 3-7 |
| 3.5.4 地下鉄 | 3-7 |
| 3.5.5 ترام | 3-10 |
| 3.5.6 バス | 3-11 |
| 3.5.7 フェリー | 3-12 |
| 3.5.8 Esplanade 駅の利用状況 | 3-13 |
| 3.6 関連計画の整理 | 3-18 |
| 3.6.1 関連上位計画 | 3-18 |
| 3.6.2 Esplanade Station Development Concept Plan | 3-22 |

| | |
|------------------------------------|------|
| 第 4 章 路線変更後の DPR のレビュー | 4-1 |
| 4.1 計画路線の確認 | 4-1 |
| 4.1.1 路線変更の妥当性 | 4-1 |
| 4.1.2 Esplanade～Sealdah 間の新駅設置の可能性 | 4-6 |
| 4.2 旅客需要予測の確認 | 4-8 |
| 4.2.1 予測手法 | 4-8 |
| 4.2.2 結果の概要 | 4-10 |
| 4.2.3 前回調査結果との比較 | 4-18 |
| 4.2.4 需要予測の妥当性 | 4-22 |
| 4.3 運行計画の確認 | 4-23 |
| 4.4 事業スコープの確認 | 4-28 |
| 4.4.1 軌道 | 4-28 |
| 4.4.2 土木施設 | 4-28 |
| 4.4.3 車両基地 | 4-37 |
| 4.4.4 電気・機械施設 | 4-38 |
| 4.4.5 信号・通信施設 | 4-44 |
| 4.4.6 車両設備 | 4-49 |
| 4.4.7 建築・設備等 | 4-50 |
| 4.4.8 需要の変動への対応状況 | 4-66 |
| 4.5 事業スケジュールの確認 | 4-68 |
| 4.5.1 全体事業工程の整理 | 4-68 |
| 4.5.2 実施スケジュールの評価 | 4-68 |
| 4.6 維持・管理計画の確認 | 4-72 |
| 4.6.1 組織及び要員体制（必要人数） | 4-72 |
| 4.6.2 維持・管理計画 | 4-73 |
| 4.6.3 人材開発計画 | 4-74 |
| | |
| 第 5 章 事業実施方法の検討 | 5-1 |
| 5.1 事業費の算定 | 5-1 |
| 5.1.1 算定方法 | 5-1 |
| 5.1.2 未完了工事費の再評価 | 5-2 |
| 5.1.3 路線変更及び需要予測の見直しに伴う追加工事費 | 5-5 |
| 5.1.4 年度別必要事業費の算定 | 5-7 |
| 5.2 コンサルティング・サービスの確認 | 5-15 |
| 5.2.1 コンサルティング費用の実績 | 5-15 |
| 5.2.2 追加 M/M の検討 | 5-16 |
| 5.2.3 コンサルティング・サービスの内容 | 5-17 |
| 5.3 経済財務分析 | 5-18 |
| 5.3.1 収入・支出計画 | 5-18 |
| 5.3.2 財務分析 | 5-21 |
| 5.3.3 経済分析 | 5-24 |

| | | |
|-------|------------------------------|------|
| 第6章 | 中心駅（Esplanade 駅）開発方策の検討..... | 6-1 |
| 6.1 | 駅および駅周辺地域の位置づけ | 6-1 |
| 6.1.1 | 交通上の現状と問題点 | 6-1 |
| 6.1.2 | 土地利用上の現状と問題点 | 6-3 |
| 6.2 | 開発コンセプト | 6-5 |
| 6.3 | 動線計画 | 6-6 |
| 6.4 | 必要施設及び規模 | 6-8 |
| 6.4.1 | 地下鉄 | 6-8 |
| 6.4.2 | 他交通機関 | 6-12 |
| 6.5 | 駅周辺開発の提案 | 6-14 |
| 6.6 | 開発の段階整備のシナリオと課題 | 6-15 |

別添資料

1. Current Situation Survey at Esplanade Station
2. Traffic Analysis on Esplanade Station
3. Traffic Demand Forecast Report by RITES
4. Economic Analysis Report by RITES
5. Other Related Information

図リスト

| | | |
|----------|---|------|
| 図 1.1.1 | 路線変更概要図 | 1-1 |
| 図 1.3.1 | JICA 調査団の構成 | 1-3 |
| 図 2.1.1 | 計画ルート概要図 | 2-1 |
| 図 2.1.2 | 駅配置及び配線略図 | 2-2 |
| 図 2.1.3 | インド国における地震区分図 | 2-4 |
| 図 2.1.4 | 開削工法による駅舎一般図と現地写真 | 2-5 |
| 図 2.1.5 | トンネル標準断面図（連絡通路部）及び施工状況 | 2-6 |
| 図 2.1.6 | コルカタ都市圏の鉄道ネットワーク整備計画図 | 2-7 |
| 図 2.1.7 | フーグリー川におけるトンネル配置横断面図 | 2-8 |
| 図 2.3.1 | 路線変更概要図 | 2-10 |
| 図 3.1.1 | コルカタの位置 | 3-1 |
| 図 3.1.2 | コルカタの年間最高気温、最低気温、降雨量 | 3-1 |
| 図 3.1.3 | コルカタ首都圏の行政区分 | 3-2 |
| 図 3.2.1 | コルカタの人口密度の分布 | 3-3 |
| 図 3.4.1 | Kolkata Municipal Corporation (KMC) の土地利用 | 3-4 |
| 図 3.4.2 | コルカタ首都圏の土地利用区分 | 3-4 |
| 図 3.5.1 | コルカタ都市圏の交通モードのシェア | 3-5 |
| 図 3.5.2 | コルカタ都市圏中心部現況道路ネットワーク | 3-6 |
| 図 3.5.3 | 近郊鉄道ネットワーク | 3-7 |
| 図 3.5.4 | 地下鉄ネットワーク | 3-8 |
| 図 3.5.5 | 新規地下鉄プロジェクト | 3-9 |
| 図 3.5.6 | トラムネットワーク | 3-10 |
| 図 3.5.7 | コルカタ都市圏バス路線網 | 3-11 |
| 図 3.5.8 | 現況フェリーネットワーク | 3-12 |
| 図 3.5.9 | フェリー利用者数の推移 | 3-12 |
| 図 3.5.10 | Esplanade 駅の入出口別日利用者数（2017 年） | 3-14 |
| 図 3.5.11 | Esplanade 駅の入出口別ピーク時利用者数（2017 年） | 3-15 |
| 図 3.5.12 | 乗降駅別の Esplanade 駅の 1 日あたり利用者数（2017 年） | 3-16 |
| 図 3.5.13 | Esplanade 駅へ/からの接続交通モード | 3-17 |
| 図 3.5.14 | Esplanade 駅における時間帯ごとの交通量変動 | 3-17 |
| 図 3.6.1 | コルカタ都市圏での空間計画の広がり | 3-19 |
| 図 3.6.2 | KMDA における KMC と周辺開発地区 | 3-21 |
| 図 3.6.3 | 交通モードの統合 | 3-22 |
| 図 3.6.4 | Esplanade 駅内外の動線計画 | 3-23 |
| 図 3.6.5 | Esplanade 駅周辺の計画図（地上部） | 3-25 |
| 図 3.6.6 | Chowranghee 道路の完成イメージ | 3-26 |
| 図 4.1.1 | 関連プロジェクトの計画路線図 | 4-2 |
| 図 4.1.2 | 新規に計画された駅位置 | 4-4 |
| 図 4.1.3 | Esplanade 駅における他路線との接続計画 | 4-6 |

| | | |
|----------|---|------|
| 図 4.1.4 | 開削切り開き工法概念図 | 4-7 |
| 図 4.2.1 | 将来地下鉄ネットワーク図 | 4-9 |
| 図 4.2.2 | 2025年東西線駅別乗降人数(シナリオ-1) | 4-12 |
| 図 4.2.3 | 2025年東西線駅別乗降人数(シナリオ-2) | 4-13 |
| 図 4.2.4 | 2035年東西線駅別乗降人数(シナリオ-1) | 4-13 |
| 図 4.2.5 | 2035年東西線駅別乗降人数(シナリオ-2) | 4-14 |
| 図 4.2.6 | 2025年東西線ピーク時区間別通過旅客数(シナリオ-1) | 4-15 |
| 図 4.2.7 | 2025年東西線ピーク時区間別通過旅客数(シナリオ-2) | 4-16 |
| 図 4.2.8 | 2035年東西線ピーク時区間別通過旅客数(シナリオ-1) | 4-16 |
| 図 4.2.9 | 2035年東西線ピーク時区間別通過旅客数(シナリオ-2) | 4-17 |
| 図 4.2.10 | Esplanade 駅乗り換え需要量(2035年) | 4-17 |
| 図 4.2.11 | 前回調査結果との一人当たり発生交通量の比較 | 4-18 |
| 図 4.2.12 | 交通手段分担率の変化 | 4-19 |
| 図 4.2.13 | 各種 DPR における PHPDT の比較(2021年) | 4-20 |
| 図 4.2.14 | 各種 DPR における 駅別乗車客数の比較(2021年) | 4-20 |
| 図 4.2.15 | 2016年 DPR と今回予測値の PHPDT 比較(2025年) | 4-21 |
| 図 4.2.16 | 2016年 DPR と今回予測値の PHPDT 比較(2035年) | 4-21 |
| 図 4.3.1 | 運転曲線図 Hawlah Maidan ->Sat Lake City | 4-26 |
| 図 4.3.2 | 運転曲線図 Salt Lake City -> Hawlah Maidan | 4-27 |
| 図 4.4.1 | Esplanade 駅地下 1F 平面図 | 4-29 |
| 図 4.4.2 | New Mahakaran 駅地上平面図 | 4-29 |
| 図 4.4.3 | 換気シャフト計画一般図 | 4-30 |
| 図 4.4.4 | Howrah Maidan 駅土留壁と仮囲いの状況 | 4-32 |
| 図 4.4.5 | Howrah Maidan 駅ヤード内の資材置場 | 4-32 |
| 図 4.4.6 | Esplanade 駅土留壁と仮囲い(遠景) | 4-32 |
| 図 4.4.7 | Esplanade 駅仮囲いと重機(近景) | 4-32 |
| 図 4.4.8 | TBM マシン側面図 | 4-33 |
| 図 4.4.9 | トンネル上部土被り厚の計画 | 4-34 |
| 図 4.4.10 | トンネル線形と歴史的建造物の位置関係 | 4-35 |
| 図 4.4.11 | 南北線 Esplanade 駅出入口 NO.2 の封鎖状況 | 4-36 |
| 図 4.4.12 | トンネル直上に位置する 建物 S-1(Indian post) | 4-36 |
| 図 4.4.13 | 車両基地計画図 | 4-37 |
| 図 4.4.14 | 車両留置計画 | 4-38 |
| 図 4.4.15 | 受電変電所(RSS) 標準機器設置レイアウトと単線結線図 | 4-42 |
| 図 4.4.16 | き電(TSS一室左)と補助変電所(ASS一室右)<配電所>併設レイアウト例 | 4-43 |
| 図 4.4.17 | 補助変電所(ASS)<配電所>レイアウト例 | 4-43 |
| 図 4.4.18 | 計画変更による駅位置の変更概念図 | 4-50 |
| 図 4.4.19 | New Mahakaran 駅の地上施設レイアウトと政府所有地の関係 | 4-52 |
| 図 4.4.20 | Esplanade 駅の地上施設レイアウトおよび他路線駅位置と政府所有地の関係 | 4-52 |
| 図 4.4.21 | Esplanade 駅プラットフォーム階の計画変更の可能性(案) | 4-57 |
| 図 4.4.22 | Esplanade 駅地下建築計画図 | 4-62 |
| 図 4.4.23 | Esplanade 駅マルチモーダル接続総合計画案 | 4-63 |
| 図 4.4.24 | 南北線 Esplanade 駅コンコース階案内図と出口位置 | 4-63 |
| 図 4.4.25 | New Mahakaran 駅地下建築計画図 | 4-64 |

| | | |
|---------|--------------------------------|------|
| 図 4.5.1 | 各路線区間の開通時期 | 4-68 |
| 図 4.5.2 | 事業実施工程表（地下区間） | 4-69 |
| 図 4.5.3 | 駅部及び駅間部の施工速度 | 4-70 |
| 図 4.6.1 | MRK 組織体制図 | 4-72 |
| | | |
| 図 5.1.1 | 事業費推計フロー | 5-1 |
| 図 5.1.2 | 構造別延長による回帰分析結果（事業費積算結果と実績値の比較） | 5-12 |
| 図 5.1.3 | 工種別事業費単価の比較（千万 INR） | 5-13 |
| 図 5.2.1 | コンサルティング費用と技術者 M/M の関係 | 5-15 |
| 図 5.2.2 | 年度別 GC 技術者 M/M と外国人技術者比率の推移 | 5-16 |
| 図 5.3.1 | フェーズ区間毎の利用者数の増加状況（各フェーズの開業年） | 5-21 |
| | | |
| 図 6.1.1 | 地下鉄 3 線の位置図 | 6-1 |
| 図 6.1.2 | Esplanade 駅周辺のバスとトラムの動線 | 6-2 |
| 図 6.1.3 | Esplanade 駅周辺の主要交差点の交通量 | 6-2 |
| 図 6.1.4 | Esplanade 駅利用者のアクセスモードの構成 | 6-2 |
| 図 6.1.5 | Esplanade 駅周辺の土地利用 | 6-4 |
| 図 6.1.6 | Esplanade 駅周辺の観光資源 | 6-5 |
| 図 6.3.1 | 公共交通志向型開発（TOD）の概念図 | 6-6 |
| 図 6.3.2 | 地下部の動線計画 | 6-6 |
| 図 6.3.3 | 地下部連絡通路の整備イメージ | 6-7 |
| 図 6.3.4 | 地上部の動線計画 | 6-8 |
| 図 6.4.1 | 駅構内連絡通路の通路幅算定の対象通路 | 6-11 |
| 図 6.6.1 | Esplanade 駅および駅周辺開発の段階整備のイメージ | 6-15 |

表リスト

| | | |
|----------|-------------------------------------|------|
| 表 1.2.1 | 調査全体スケジュール | 1-3 |
| 表 2.1.1 | 路線変更前後の延長比較 | 2-1 |
| 表 2.1.2 | 鉄道施設の仕様 | 2-3 |
| 表 2.1.3 | 車両、信号通信、その他設備の仕様 | 2-3 |
| 表 2.1.4 | トンネル区間(路線変更区間)における地盤特性 | 2-4 |
| 表 2.1.5 | シールドトンネルの形式比較表 | 2-6 |
| 表 2.2.1 | 事業の進捗状況 | 2-9 |
| 表 2.4.1 | 供用中のメトロ一覧 (インド国内) | 2-11 |
| 表 3.2.1 | コルカタ市の人口推移 | 3-2 |
| 表 3.3.1 | コルカタの産業別地域総生産 | 3-3 |
| 表 3.5.1 | コルカタ都市圏の交通モードのシェア | 3-5 |
| 表 3.5.2 | コルカタ都市圏の道路整備状況 | 3-6 |
| 表 3.5.3 | コルカタ都市圏の幹線道路車線数別道路延長 | 3-6 |
| 表 3.5.4 | コルカタ地下鉄南北線旅客数の推移 | 3-8 |
| 表 3.5.5 | コルカタ地下鉄南北線収支状況 | 3-8 |
| 表 3.5.6 | 新規メトロプロジェクト一覧 | 3-9 |
| 表 3.5.7 | トラム施設及び運行状況 | 3-10 |
| 表 3.5.8 | コルカタ都市圏バスサービスの概要 | 3-11 |
| 表 3.5.9 | 2017年 Esplanade 駅の1日あたり乗降客数 (2017年) | 3-13 |
| 表 3.5.10 | Esplanade 駅のピーク時間利用者数 (2017年) | 3-13 |
| 表 3.5.11 | 出入り口別 Esplanade 駅の日当たり利用者数 (2017年) | 3-14 |
| 表 3.5.12 | Esplanade 駅の出入り口別ピーク時利用者数 (2017年) | 3-15 |
| 表 3.5.13 | 乗降駅別の Esplanade 駅の1日あたり利用者数 (2017年) | 3-16 |
| 表 3.5.14 | Esplanade 駅における時間帯ごとの交通量変動 | 3-17 |
| 表 4.1.1 | 上位計画一覧 | 4-1 |
| 表 4.1.2 | 関連プロジェクト一覧 | 4-1 |
| 表 4.1.3 | 代替ルートの比較検討結果 | 4-3 |
| 表 4.1.4 | 線形上の妥当性確認結果 | 4-4 |
| 表 4.1.5 | 駅周辺の土地利用状況 | 4-5 |
| 表 4.1.6 | 主な地下埋設物の状況 | 4-5 |
| 表 4.1.7 | 新駅を設置した場合の乗車客数予測 (2025年) (単位: 人/日) | 4-7 |
| 表 4.2.1 | 需要予測モデルの改良 | 4-8 |
| 表 4.2.2 | 建設中及び計画中のメトロ | 4-8 |
| 表 4.2.3 | 2025年及び2035年における各種交通手段分担率 (シナリオ-1) | 4-10 |
| 表 4.2.4 | 2025年及び2035年における各種交通手段分担率 (シナリオ-2) | 4-10 |
| 表 4.2.5 | 2025年東西線駅別乗降客数 (シナリオ-1) (トリップ/日) | 4-11 |
| 表 4.2.6 | 2025年東西線駅別乗降客数 (シナリオ-2) (トリップ/日) | 4-11 |
| 表 4.2.7 | 2035年東西線駅別乗降客数 (シナリオ-1) (トリップ/日) | 4-11 |
| 表 4.2.8 | 2035年東西線駅別乗降客数 (シナリオ-2) (トリップ/日) | 4-12 |

| | | |
|----------|---|------|
| 表 4.2.9 | ピーク時区間別方向別交通量（シナリオ-1）（人/時） | 4-14 |
| 表 4.2.10 | ピーク時区間別方向別交通量（シナリオ-2）（人/時） | 4-15 |
| 表 4.2.11 | Esplanade 駅における乗り換え旅客数数（シナリオ-2）（人/日） | 4-17 |
| 表 4.2.12 | 路線別地下鉄利用者数 | 4-18 |
| 表 4.2.13 | 前回調査結果との交通手段別分担率の比較 | 4-19 |
| 表 4.2.14 | 他都市の需要予測結果との比較 | 4-22 |
| 表 4.3.1 | 年次別 PHPDT（人） | 4-23 |
| 表 4.3.2 | 車両定員（人） | 4-23 |
| 表 4.3.3 | 最小運転間隔（分） | 4-23 |
| 表 4.3.4 | 駅間距離、走行時間、走行速度 | 4-24 |
| 表 4.3.5 | 必要車両数の見直し | 4-25 |
| 表 4.4.1 | インド国内の地下鉄事業における軌道構造 | 4-28 |
| 表 4.4.2 | 各主要メトロの掘削方法 | 4-30 |
| 表 4.4.3 | シールド工法の仕様 | 4-31 |
| 表 4.4.4 | 対象構造物の確認 | 4-34 |
| 表 4.4.5 | 保守整備作業 | 4-38 |
| 表 4.4.6 | DPR による電力設備の仕様 | 4-39 |
| 表 4.4.7 | インド国における他事例の電力設備の仕様 | 4-39 |
| 表 4.4.8 | 列車負荷 | 4-40 |
| 表 4.4.9 | 駅等の負荷 | 4-41 |
| 表 4.4.10 | 負荷の纏め（合計） | 4-41 |
| 表 4.4.11 | 年間電力料金 | 4-44 |
| 表 4.4.12 | ER の特記仕様システムと提案された CBTC システムの比較 | 4-45 |
| 表 4.4.13 | インド国内各地下鉄の距離の比較 | 4-47 |
| 表 4.4.14 | 計画の比較：MPR 及び Ansaldo の確認 | 4-48 |
| 表 4.4.15 | 車両設備の仕様 | 4-49 |
| 表 4.4.16 | 車両諸元の比較 | 4-50 |
| 表 4.4.17 | New Mahakaran 駅および Esplanade 駅の地上施設計画と土地利用の関係 | 4-52 |
| 表 4.4.18 | 2035 年時駅利用者数予測（単位：人） | 4-53 |
| 表 4.4.19 | 2035 年時の日・ピーク時利用者数予測（単位：人） | 4-54 |
| 表 4.4.20 | 2035 年時 Line-2 駅利用者負荷予測（SCENARIO-2）（単位：人） | 4-54 |
| 表 4.4.21 | 2035 年時駅利用者負荷予測比較（単位：人） | 4-54 |
| 表 4.4.22 | Esplanade 駅でのピーク時利用者予測（2035 年）（単位：人） | 4-55 |
| 表 4.4.23 | Esplanade 駅でのピーク時 1 分間の利用者流動率（2035 年）（単位：人） | 4-55 |
| 表 4.4.24 | Esplanade 駅でのプラットフォーム利用者密度（POL）（2035 年）（単位：人） | 4-56 |
| 表 4.4.25 | Esplanade 駅での POL 分担と避難時間計算（2035 年） | 4-56 |
| 表 4.4.26 | 利用者数見直し後の Esplanade 駅での POL 分担と避難時間計算（2035 年） | 4-57 |
| 表 4.4.27 | コルカタメトロおよびチェンナイメトロの DPR 記載の駅基本施設一覧比較 | 4-58 |
| 表 4.4.28 | コルカタメトロ地下駅（対象 2 駅のみ）基本施設計画評価一覧 | 4-59 |
| 表 4.4.29 | 今後の事業監理に向けた GC の建築チームの必要技術者数（案） | 4-65 |
| 表 4.4.30 | 運行間隔 2.5 分に対する技術的対応状況 | 4-66 |
| 表 4.5.1 | 地下区間の各駅の施工状況 | 4-70 |
| 表 4.6.1 | 運営・維持管理体制案 | 4-73 |
| 表 4.6.2 | 地下鉄の維持管理項目 | 4-73 |

| | | |
|----------|-------------------------------------|------|
| 表 4.6.3 | 車両関係の保守計画案 | 4-74 |
| 表 4.6.4 | その他の施設の保守点検の例 | 4-74 |
| 表 4.6.5 | 路線変更による列車走行キロへの影響 | 4-74 |
| 表 4.6.6 | 地下鉄運営の教育訓練内容（南北線の例） | 4-75 |
| | | |
| 表 5.1.1 | 既存工事パッケージの事業費の再評価 | 5-2 |
| 表 5.1.2 | 既存工事パッケージにおける完了工事費と未完了工事費（詳細）（税抜） | 5-3 |
| 表 5.1.3 | 路線変更後の追加工事費 | 5-6 |
| 表 5.1.4 | プロジェクト実施スケジュール | 5-7 |
| 表 5.1.5 | 年度別支払い見込み額の算定 | 5-8 |
| 表 5.1.6 | 年度別支払い見込み額の算定（再評価工事費） | 5-9 |
| 表 5.1.7 | 年度別支払い見込み額の算定（追加工事費） | 5-11 |
| 表 5.1.8 | インド国におけるメトロ事業費比較（円借款対象事業） | 5-12 |
| 表 5.1.9 | 他都市との事業規模及び事業費単価比較 | 5-14 |
| 表 5.2.1 | コンサルティング・サービス契約の経緯 | 5-15 |
| 表 5.2.2 | コンサルティング・サービスの M/M と費用 | 5-15 |
| 表 5.2.3 | GC 必要人月と費用の関係 | 5-16 |
| 表 5.3.1 | コルカタ地下鉄東西線料金表（予定） | 5-18 |
| 表 5.3.2 | コルカタ地下鉄南北線料金表（単位：INR） | 5-18 |
| 表 5.3.3 | コルカタ市内バス料金表（単位：INR） | 5-19 |
| 表 5.3.4 | MRK 収支計算書（2014 年度～2016 年度） | 5-19 |
| 表 5.3.5 | 東西線年間収入の想定 | 5-19 |
| 表 5.3.6 | 年間人件費の推計 | 5-20 |
| 表 5.3.7 | 利用者数の増加率 | 5-20 |
| 表 5.3.8 | 年度別車両追加台数 | 5-20 |
| 表 5.3.9 | 各フェーズ開業時にける利用者数の推計 | 5-22 |
| 表 5.3.10 | FIRR の算出結果 | 5-23 |
| 表 5.3.11 | FIRR の感度分析 | 5-23 |
| 表 5.3.12 | 市場価格を経済価格に変換する係数 | 5-24 |
| 表 5.3.13 | 経済便益の市場価格を経済価格に変換する係数 | 5-24 |
| 表 5.3.14 | 車種別走行費用原単位 | 5-24 |
| 表 5.3.15 | 車種別旅行者時間費用原単位 | 5-24 |
| 表 5.3.16 | 車種別走行パラメータ | 5-25 |
| 表 5.3.17 | 車種別排出ガス原単位 | 5-25 |
| 表 5.3.18 | 交通事故発生原単位 | 5-25 |
| 表 5.3.19 | 交通事故処理コスト | 5-25 |
| 表 5.3.20 | 経済便益額の算定結果（バス及び自家用車の購入費用及び維持管理費の節減） | 5-27 |
| 表 5.3.21 | 経済便益額の算定結果（その他） | 5-27 |
| 表 5.3.22 | EIRR の算出結果（実績コスト） | 5-28 |
| 表 5.3.23 | EIRR の算出結果（コスト調整後） | 5-29 |
| | | |
| 表 6.1.1 | 土地利用別の主な施設一覧 | 6-3 |
| 表 6.1.2 | Esplanade 駅周辺の観光資源 | 6-4 |
| 表 6.4.1 | 地下鉄の乗り換え動線を確保するために必要な施設および施設整備の考え方 | 6-9 |

| | | |
|---------|----------------------------------|------|
| 表 6.4.2 | 歩行者流量によるサービス水準 | 6-11 |
| 表 6.4.3 | 推奨する駅構内連絡通路の有効幅員の算定結果 | 6-12 |
| 表 6.4.4 | 地下鉄と他交通機関との円滑な乗り換えを確保するための整備の考え方 | 6-13 |
| 表 6.4.5 | 駅前広場内の各交通機関に必要な施設規模の算定のための条件 | 6-13 |
| 表 6.4.6 | 駅前広場内の各交通機関に必要な施設規模の算定結果 | 6-14 |

略語表

| | | | |
|-------------|---|---|---------------|
| AAQM | Ambient Air Quality Monitoring | : | 周囲の空気品質監視 |
| ACEMUS | Alternating Current Electric Multiple Units | : | 交流電車 |
| ACS | Access Control System | : | アクセス制御システム |
| AFC | Automatic Fare Collection | : | 電車運賃自動徴収システム |
| AMF | Automatic Mains Failure | : | 自動電源失効 |
| ANSALDO | Ansaldo Signalling and Transportation Systems | : | 会社名 |
| AOH | Annual Over Hauling | : | 年間分解点検 |
| ASS | Auxiliary Sub-Station | : | 補助変電所 |
| ATO | Automatic Train Operation | : | 自動列車運転装置 |
| ATP | Automatic Train Protection | : | 自動列車防護装置 |
| ATS | Automatic Train Supervision | : | 自動列車運行管理システム |
| AWS | Auxiliary Warning System | : | 補助警告装置 |
| BBRS | Broad Band Routing and Switching | : | 広帯域経路制御及び切替装置 |
| BCC | Backup Control Center | : | バックアップ制御センター |
| BEML | Bharat Earth Movers Limited | : | 会社名 |
| BLT | Ballast Less Track | : | バラストレス軌道 |
| BMC | Bidhan Nagar Municipality | : | 会社名 |
| BOD | Board of Directors | : | 役員会 |
| BSNL | Bharat Sanchar Nigam Ltd. | : | 会社名 |
| CAD | Computer Aided Design CAD | : | コンピュータ支援設計 |
| CATC | Continuous Automatic Train Control | : | 連続自動列車制御装置 |
| CBD | Central Business District | : | 中心業務地区 |
| CBI | Computer Based Interlocking | : | 電子連動装置 |
| CBTC | Communication Based Train Control | : | 無線列車制御 |
| CCIP | Contact cum Indication Panel | : | 接触カム表示盤 |
| CCS | Centralized Clock System | : | 集中クロックシステム |
| CCTV | Closed Circuit TV | : | 閉鎖回路テレビ |
| CDMA | Code Division Multiple Access | : | 符号分割多元接続 |
| CESC | Kolkata Electric Supply Company | : | コルカタ電気供給会社 |
| CPCB | Calcutta pollution control board | : | コルカタ公害管理局 |
| CSS | Communication System Supervisor | : | 通信管理設備 |
| CTC | Calcutta Tramway Company | : | コルカタ路面電車会社 |
| DC | Direct Current | : | 直流 |
| DCC | Depot Control Centre | : | 車両基地制御所 |
| DCEMU | Direct Current Electric Multiple Unit | : | 直流電車 |
| DCS | distributed control system | : | 分散制御システム |
| DMC | Driving Motor Car | : | 電動制御車 |
| DMRC | Delhi Metro Rail Corporation | : | デリー地下鉄公社 |
| DPCS | Digital Protection Control System | : | デジタル保護制御システム |
| DPR | Detailed Project Report | : | 詳細プロジェクト報告書 |
| E.M. Bypass | Eastern Metropolitan Bypass | : | 東部首都バイパス |
| ECS | Environmental Control System | : | 環境制御システム |
| EFO | Excess Fare Office | : | 超過運賃精算所 |
| EIRR | Economic Internal Rate of Return | : | 経済的内部収益率 |
| EMC | Electromagnetic Compatibility 立性) | : | 電磁両立性 |
| EMI | Electro Magnetic Interference | : | 電磁干渉 |
| EMU | Electrical Multiple Unit | : | 電車 |
| EP | Electro Pneumatic | : | 電空 |
| EPABX | Electronic Private Automatic Branch | : | 電子構内交換機 |

| | | |
|-------|---|---|
| | Exchange | |
| ER | Engineering Requirement | : 技術的要求事項 |
| ETU | Engineering Training Unit | : エンジニアリング研修部 |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return | : F 財務的内部収益率 |
| FOB | Foot Over Bridge | : 人道跨線橋 |
| FOTS | Fiber Optic Transmission System | : 光ファイバ伝送システム |
| GC | General Consultant | : ゼネラルコンサルタント |
| GIS | Geographical Information System | : 地理情報システム |
| GoWB | Government of West Bengal | : 西ベンガル州 |
| GSM | Global System for Mobile Communications | : 移動通信システム |
| HIT | GSM Howrah Improvement Trust | : ハウラー地区改良企業合同 |
| HMC | Howrah Municipal Corporation | : ハウラー地方公共団体 |
| HNJPS | Hooghly Nadi Jalpath Paribahan Samity | : フーグリー・ナンディ・ジャルパス・パリ バハン・サミティ：河川水上交通の会社 |
| IGBT | Insulated Gate Bipolar Transistors | : 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ |
| IMD | India Meteorological Department | : インド気象局 |
| INR | Indian Rupee | : インドルピー |
| IPT | Intermediate Public Transport | : 相乗り型などの中間的公共交通 |
| IR | Indian Railways | : インド鉄道 |
| IRC | Indian Road Congress | : インド道路評議会 |
| IRJ | Insulated Rail Joints | : 絶縁継目 |
| JETRO | Japan External Trade Organization | : 独立行政法人日本貿易振興機構 |
| K.V | Kilo Volts | : キロボルト |
| KMA | Kolkata Metropolitan Area | : コルカタ首都圏 |
| KMC | Kolkata Municipal Corporation | : コルカタ地方公共団体 |
| KMDA | Kolkata Metropolitan Development Authority | : コルカタ首都圏開発庁 |
| KMRCL | Kolkata Metro Railway Corporation Ltd. | : コルカタメトロ公社 |
| KMWSA | Kolkata Metropolitan Water & Sanitation Authority | : コルカタ首都圏上下水道公社 |
| KSTC | Kolkata State Transport Corporation | : コルカタ州交通公社 |
| KVA | Kilo Volts Amperes | : キロボルトアンペア |
| LC | Level Crossing | : 踏切 |
| LED | Light Emission Diodes | : LED |
| LRT | Light Rail System | : 路面電車 |
| LWR | Long Welded Rail | : ロングレール |
| M & P | Machinery and Plant | : 機械・プラント |
| MAR | Major Arterial Road | : 主要幹線道路 |
| MC | Motor Car | : 自動車 |
| MD | Maximum Demand | : 最大需要電力 |
| MOR | Ministry of Railways | : 鉄道省 |
| MOU | Memorandum of Undertaking | : 了解覚書 |
| MOUD | Ministry of Urban Development | : 都市開発省 |
| MPR | Monthly Progress Report | : 月次進捗報告書 |
| MRK | Metro Railway, Kolkata | : コルカタ地下鉄公社 |
| MRTS | Mass Rapid Transit System | : 大量高速輸送システム |
| MTBF | Mean Time Between Failure | : 平均故障間隔 |
| MTTR | Mean Time To Repair | : 平均故障間隔 |
| MVA | Mega Volt Ampere | : メガ ボルト アンペア |
| NBSTC | North Bengal State Transport Corporation | : 北ベンガル州交通公社 |
| NMS | Network Management System | : ネットワーク管理システム |
| NO | Normally Open | : 電流を流さない時に開放している (接点) |
| NSC | Netaji Subhas Chandra | : ネタージ・サブハッシュ・チャンドラ |

| | | | |
|-------|--|---|-------------------------|
| O & M | Operational and Maintenance | : | 運転と保全 |
| OCC | Operational Control Centre | : | 運転指令センター |
| OD | Origin- Destination | : | 出発地ー目的地 |
| OEM | Original Equipment Manufacturer | : | 当初機器メーカー |
| OFC | Optical Fiber Cable | : | 光ファイバケーブル |
| OHE | Overhead Equipment | : | 架線 |
| OTE | Over-Track way | : | 軌道上空 |
| PCTR | Per Capital Trip Rate | : | 一人当たり平均トリップ数 |
| PCU | Passenger Car Unit | : | 乗用車換算台数 |
| PHPDT | Peak Hour Peak Direction Trips | : | ピーク時ピーク断面交通量 |
| PIDS | Passenger Information Display System | : | 列車運行情報ディスプレイシステム |
| PIP | Project Implementation Program | : | 工程実施計画 |
| PKM | Passenger Kilometer | : | 乗客人キロ |
| PLC | Programmable Logic Controllers | : | プログラマブルロジック コントローラ |
| POH | Periodical Over Haul | : | 定期的な分解点検 |
| PSTN | Public Switched Telephone Network | : | 公衆交換電話網 |
| PWD | Public Works Department | : | 公共事業局 |
| PWM | Pulse Width Modulation | : | パルス幅変調 |
| RCC | Reinforced Cement Concrete | : | 鉄筋コンクリート |
| RDSO | Research Development & Standard Organization | : | 調査設計標準機構：インド国鉄の技術研究所の名称 |
| REJ | Rail Expansion Joints | : | 伸縮継ぎ目 |
| ROB | Road Over Bridge | : | 跨道橋 |
| ROW | Right Of Way | : | 鉄道用地 |
| Rs. | Rupee | : | ルピー |
| INR | Indian Rupee | : | インドルピー |
| RSS | Receiving Sub-Station | : | 受電変電所 |
| RTS | Remote Control & Train Information System | : | 遠隔制御と列車情報システム |
| RTU | Remote Terminal Unit | : | 遠隔端末装置 |
| RUB | Road Under Bridge | : | 横断地下道 |
| RWI | Relative Warmth Index | : | 相対温暖化指数 |
| S&T | Signaling and Telecommunication | : | 信号及び通信 |
| SBSTC | South Bengal State Transport Corporation | : | 南ベンガル州交通公社 |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition | : | 遠方監視装置 |
| SCR | Station Control room | : | 駅制御室 |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy | : | 同期デジタル ハイアラーキ |
| SE | Structural Earth | : | 構造土 |
| SMW | Soil Cement Mixing Wall | : | ソイルセメント連続壁 |
| SP | Sectioning and Paralleling Post | : | き電区分所 |
| SPT | Standard Penetration Test | : | 標準貫入試験 |
| SPV | Special Purpose Vehicle | : | 特殊自動車 |
| TBM | Tunnel Boring Machine | : | シールドマシーン |
| TC | Trailer Car | : | トレーラー |
| TEP | Track Earth Panel | : | 軌道接地盤 |
| TES | Track way Exhaust System | : | 軌道排気システム |
| TETRA | Terrestrial Trunked Radio | : | T 地上基盤無線 |
| TF | Transformer | : | T 変圧器 |
| TIM | Ticket Issuing Machines | : | 発券機 |
| TIS | Train Information System | : | 列車情報システム |
| TOM | Ticket office machine | : | 出札機械 |
| TSS | Traction Sub Station | : | き電変電所 |
| TVF | Tunnel Ventilation Fans | : | トンネル換気扇 |

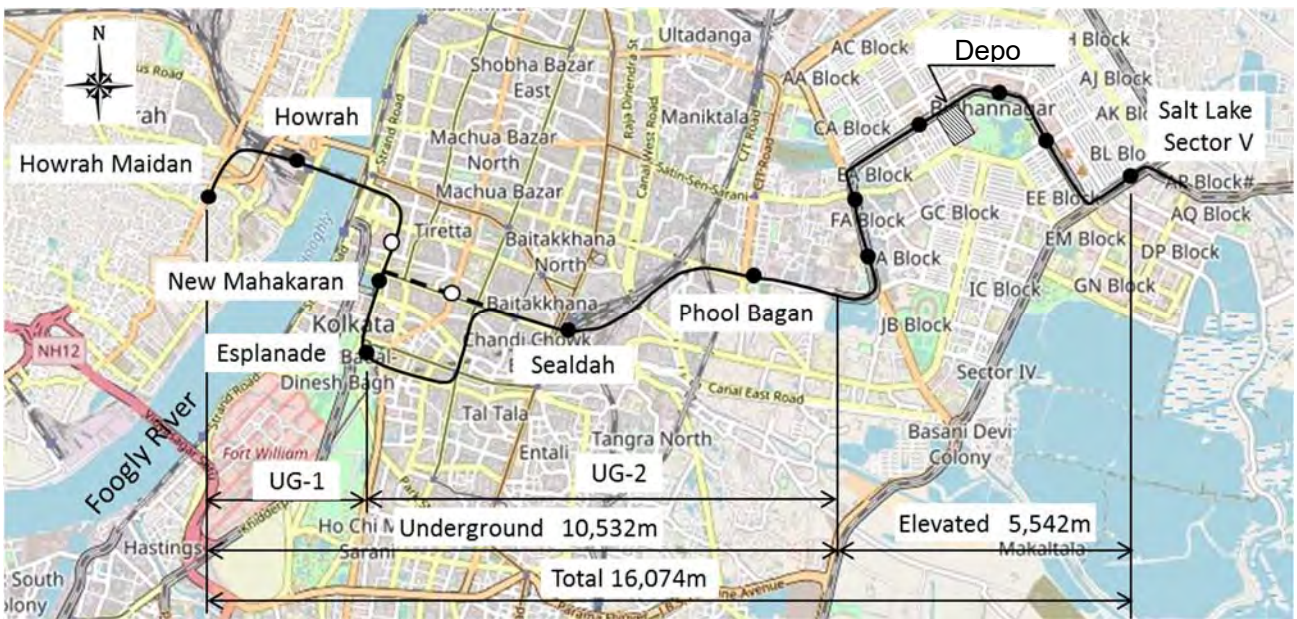
| | | | |
|---------|--|---|--------------|
| TVS | Tunnel Ventilation System | : | トンネル換気システム |
| U/G | Under Ground | : | 地下 |
| UIC | International Union of Railways | : | 国際鉄道連合 |
| UPE | Under Platform Exhaust | : | プラットフォーム床下排気 |
| UPS | Un-interrupted Power Supply | : | 無停電電源装置 |
| V | Volts | : | ボルト |
| VAC | Ventilation and Air-conditioning | : | 換気と空調 |
| VVVF | Variable Voltage Variable Frequency | : | 可変電圧可変周波数 |
| W | Watt | : | ワット |
| WBHIDCO | West Bengal Housing and Infrastructure Development Corporation | : | 西ベンガル州 |
| WBSEB | West Bengal State Electricity Board | : | 西ベンガル州電力委員会 |
| WBSTC | West Bengal Surface Transport Corporation | : | 西ベンガル地表交通公社 |
| WFPR | Work Force Participation Rate | : | 労働力参加率 |
| WHO | World Health Organization | : | 世界保健機関 |
| XLPE | Cross-Linked Polyethylene | : | 架橋ポリエチレン |

調査結果の概要(要約)

1. 調査の目的

コルカタ地下鉄東西線は 2008 年に日本政府が円借款を供与することを決定し、現在建設・調達が進められている。当初の予定では 2014 年に全線開通を見込んでいたが、主に、用地取得の問題により事業に遅延が発生した。関係省庁である鉄道省と西ベンガル州は、事業を進捗させるために一部区間の路線変更を行い、日本政府に追加円借款の申請を行った。本調査は、この計画変更の妥当性を検証して、円借款審査のための情報収集を行うとともに、南北線と交差する Esplanade 駅の他の交通モードとの連結性強化にかかる基礎的検討を行うことを目的として実施された。

計画変更前後の路線図及び距離比較表を図-1 及び表-1 に示す。



出典：JICA 調査団

2016 Revised DPR St. ● Route ———
 2007 Supplementary DPR St. ○ Route - - -

図-1 計画ルート概要図

表-1 路線変更前後の延長比較

(単位：m)

| | UG-1 | UG-2 | Viaduct | Total |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Original | 3,692.005 | 5,231.695 | 5,560.369 | 14,484.069 |
| Revised | 4,123.500 | 6,408.363 | 5,542.980 | 16,074.843 |
| Difference in length | 431.495 | 1,176.668 | -17.389 | 1,590.774 |
| | 1,608.163 | | -17.389 | 1,590.774 |

出典：KMRCL

2. 計画路線の確認

2.1 路線変更と Esplanade 駅設置位置の妥当性

KMRCL が提出した修正 DPR では、既存の地下鉄南北線の Central 駅と交差するルートを変更し、大幅に迂回して同じく南北線の Esplanade 駅で交差する計画となっている。Esplanade 駅を経由するルートが最適解であるとする根拠について、上位計画との整合性を確認するとともに、代替ルートと比較することにより現計画案が最適であることを証明した。また、今回の計画でその整備位置が変更となる Mahakaran 駅及び新たな南北線との交差駅となる Esplanade 駅のそれぞれの設置位置の妥当性を線形、周辺土地利用、整備の可能性、将来計画との関連等の観点から検討し、問題のないことを確認した。

2.2 Esplanade～Sealdah 間の新駅設置の可能性

DPR 変更の過程で、駅間距離が長い Esplanade 駅と Sealdah 駅の間 (2.6km) で新駅 (Subodh Mullick Square 駅) 建設の可能性が検討されていた。新駅を設置することによる需要予測への影響を検討した結果、新駅設置による需要増は約 7 千人 (2025 年) に留まり、これは新駅を設置しない場合の全利用者数のわずか 0.9% に過ぎなかった。また、整備は技術的には可能であるが、施工時の現道交通への影響や多大な事業費を考慮すると、新駅設置の必要性は低いと結論づけられた。

3. 旅客需要予測の確認

コルカタ東西メトロの需要予測は 2006 年版 DPR で実施されて以来、何度となく修正されてきた。ただし、それらの修正は部分的に行われてきたに過ぎず、根本的に見直す必要があった。KMRCL は、今回の円借款追加審査に際して新たに需要予測をやり直すことを決定し、インド国のコンサルタントである RITES にその作業を発注した。

需要予測の結果、東西線の利用者数は 2025 年で 769,450 人/日、2035 年で 998,872 人/日と推計された。また、南北線、Joka 線との乗り継ぎ駅である Esplanade 駅の乗降客数は 2025 年で 379,526 人/日、2035 年で 448,705 人/日と推計された¹。予測結果を他の路線や他都市の事例と比較すると以下のことが言える。

- 表-2 にコルカタ東西線、ムンバイ及びアーメダバードの需要予測結果との比較を示す。予測年度が若干異なるためそのまま比較することはできないが、東西線の km 当たりの利用者数は他の路線に比べてかなり多くなっている。理由として考えられるのは、他の路線と接続する箇所が多く、東西線沿線だけでなく、他の沿線の利用者も呼び込んでいるということである。また、郊外の新規住宅地 (Salt Lake) と中心部の商業業務地を連絡するとともに、国際空港とも接続するという鉄道需要に見合った路線形態も影響していると言える。
- コルカタ首都圏の鉄道駅で、現況でも乗降客数の多い駅は Sealdah 駅 1,093,852 人/日、Howrah 駅 793,273 人/日等であり²、東西線の中で最も多い乗降客数を示す Esplanade 駅の 379,526 人/日 (2025 年) はそれらと比べると決して多い結果ではない。

表-2 他都市の需要予測結果との比較

| 路線名 | 路線延長 | 日当たり利用者数 | | km 当たり利用者数 | | PHPDT | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|--------|--------|
| | | 2021 | 2031 | 2021 | 2031 | 2021 | 2031 |
| Mumbai Metro Line 3 | 32.546 km | 1,214,000 | 1,690,000 | 36,200 | 50,400 | 34,100 | 47,400 |
| Ahmedabad Metro Phase-I | 37.734 km | 669,820 | 1,123,442 | 17,800 | 29,800 | 13,902 | 21,994 |
| Kolkata Metro N-S (延伸含む) | 31.33 km | 920,056 | 981,822 | 29,400 | 31,300 | 20,491 | 23,432 |
| Kolkata Metro E-W | 15.649 km | 769,450 | 998,872 | 49,200 | 63,800 | 32,386 | 42,730 |

出典 : Mumbai Metro Line 3 Ridership Study, December 2011, Mumbai Metro Rail Corporation Limited
DPR for Ahmedabad Metro Rail Project (Phase-I), March 2015, Delhi Metro Rail Corporation LTD.

4. 運行計画の確認

需要予測から算定された PHPDT をもとにピーク時の運行頻度を算定するとともに、車両性能及び駅間距離を用いた走行シミュレーションを実施して、平均運行速度、列車回帰時間を算定した。

¹ 需要予測は 2 つのシナリオで実施された (シナリオの違いは、東西線の延伸 (西は Santragachi Bus Terminal、東は Biman Bandar International Airport があるかどうかである)。東西線の延伸は長期的には想定されるものの、現時点ではまだその計画熟度は低いため、本検討においてはシナリオ 2 (東西線の延伸なし) を前提に分析を行った。

² TrafficSurvey Report for the Study on Traffic Demand Forecast by RITES, April 2017

最小運転間隔は2025年で3.8分、2035年で2.9分と計算された。また、平均運行速度は36.4km/h、列車回帰時間は61分35秒となった。さらに、これらの条件をもとに将来の必要車両数を計算すると2025年で114両、2035年で144両がそれぞれ必要となった。

表-3 年次別 PHPDT (人)

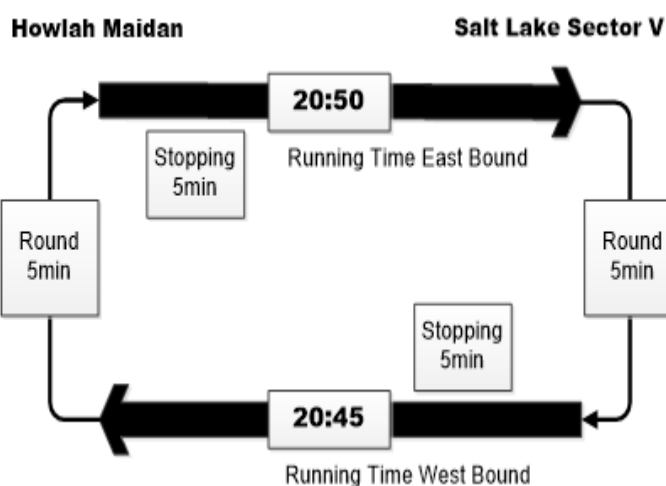
| | |
|--------|--------|
| 2025年 | 2035年 |
| 32,386 | 42,730 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表-4 最小運転間隔 (分)

| | |
|-------|-------|
| 2025年 | 2035年 |
| 3.8 | 2.9 |

出典：JICA 調査団



- | |
|-------------------------------------|
| a) 走行時間：20分50秒+20分45秒=41分35秒 |
| b) 停車時間：30秒×10駅×2=10分 |
| c) 折り返し時間：5分×2=10分 |
| d) 列車回帰時間：a)+b)+c)=61分35秒 |
| e) 平均運行速度：15.649km×2÷(a+b)=36.4km/h |

図-2 列車走行時間

表-5 必要車両数

| | 2025 | 2035 |
|----------------|--------|--------|
| PHPDT | 32,386 | 42,730 |
| 乗車定員(人) | 2,068 | 2,068 |
| ピーク時間帯列車本数(往復) | 15.7 | 20.7 |
| ピーク時運転間隔(分) | 3.8 | 2.9 |
| 列車回帰時間(分) | 61.5 | 61.5 |
| 所要列車編成数 | 16 | 21 |
| 予備編成意数 | 3 | 3 |
| 列車編成数合計 | 19 | 24 |
| 所要車両数 | 114 | 144 |

出典：JICA 調査団

5. 事業スコープの確認

5.1 軌道

インド国における2010年以降供用の地下鉄事業では標準軌1,435mmがすべて採用されており、コルカタ地下鉄東西線も標準軌が採用されている。また、レール構造(60kg/m)、軌道構造(バラストレス軌道)も他の地下鉄事業と同様である。軌間、レール・バラスト等の軌道構造は、一部区間の路線変更で見直すべき対象ではないことから、路線変更による見直しも必要ないと言える。

5.2 土木施設

路線変更区間の土木施設に関して、駅本体構造・避難施設、軟弱地盤における施工方法、急曲線区間における対応、施工期間中の交通処理について確認、検証を行った。

駅本体構造は、鉄筋コンクリート構造となっており、地下構造物として一般的な構造である。避難施設は路線計画平面図及び縦断図によれば、Cross Passage は 250m 毎に一か所、換気シャフトは Esplanade 駅と Sealdah 駅の間で一カ所計画されており、国際規格である NFPA130 に準拠した計画となっている。

施工方法は、駅部は地下 RC 連側壁による開削工法、駅間部は土圧式シールド工法が採用されている。これらの工法は、チェンナイメトロ、ムンバイメトロなどのインド国内での類似プロジェクトでも採用された工法であり、軟弱地盤に適した工法であることから、妥当な工法選定といえる。駅間部のシールド工法は、中折れ機能を有さない通常の TBM マシンが採用されている。これは、急曲線部の最少曲線半径が 215m であることを考慮しても妥当な選択である。

施工期間中の交通処理に関しては、まず駅計画地直上部のトラム、バスターミナルは管理者協議の元、閉鎖を前提に仮設工事に着手していることを確認した。また、駅計画用地は公共用地であり、施工ヤードそのものは現道に影響を与えないことを確認した。

5.3 車両基地

車両基地は Central Park 駅に接続し、その機能は車両基地と車両工場を兼ねている。今回の路線変更及び需要予測の見直しによって必要車両数は 2025 年で 36 両（6 編成）、2035 年で 42 両（7 編成）増加している。すなわち、2035 年には全体で 144 両（24 編成）が必要となる（表-5 参照）が、現在の車両基地の計画でも基地内に 21 編成、本線上（両終端駅）に 4 編成が留置可能であるために、十分対応が可能である。

5.4 電気・機械施設

インド国内における他のメトロと比較してもほぼ同様の仕様となっており、電力設備の仕様に関して問題のないことを確認した。また、路線変更、需要予測の変動によって必要電力量が変化するが、調査団が独自に算定した結果と GC が算定した結果にほとんど差異がなく、路線変更による影響はないことを確認した。

5.5 信号・通信施設

信号技術は 2017 年 2 月に ATP/ATO システムから無線列車制御（CBTC）に変更されている。CBTC は鉄道信号及び制御システムの最先端技術であり、インド国を含む世界各地で地下鉄などの都市大量輸送システムに一般的に採用されている技術である。線形の改訂は、以下理由により S&T システムに限定的な影響しか与えない。その理由は以下のとおりである。

- 駅数は変わらないため、駅の S&T システムは大きく変更されない
- 追加の軌道または分岐器を設置しない
- 車両基地の変更は予定されていない
- 信号及び通信のサブシステムの技術的変更は必要ない

一方、変更は下記のものに限定される。

- トンネル延長の増加によるケーブル長の延伸
- 無線システム用アンプの追加
- BBRS システム/DCS のアクセス箇所の追加
- 新たなトンネル区間の緊急用電話の追加
- 必要なサービスを提供するための S&T システムを含む列車数の追加
- Esplanade 駅はより大きな駅となるため、将来的に他の地下鉄に乗り換えができるよに放送設備、CCTV、ACS と PIDS に対する追加要件、または電話機の追加

5.6 車両設備

KMRCL の車両の仕様は「Standardization of Broad Parameters of Rolling Stock for Metro Railway in India」(April 2017)に従っている。また、インド国の基準ではメトロ車両に異常時対応として以下の性能を要求している。そして、KMRCL の車両は、BELM 社の資料ではこの条件をクリアしていることが証明されている。

- AW4 条件の列車が 2 両の動力をカットした状態で 4% の上り勾配を登攀できる。
- AW0 の列車が AW4 条件の自力走行不能の列車を 4% の上り勾配を押し上げることができる。

日本の東京メトロ銀座線に使用されている車両と比較しても、それぞれの車両の車体長、主電動機出力、最大乗車人及び車両重量などの差を考慮しても列車の加減速性能において性能はほぼ同等である。インド国の車両基準、日本の東京メトロ銀座線との比較表を表-6に示す。

表-6 車両諸元の比較

| | Standardization of Rolling Stock for Metro in INDIA | Kolkata Metro Train Set | Tokyo Metro 1000 Series Train Set |
|-----------------|---|---|--|
| Dimension | Midium Metro (PHPDT Up to 45000) Axle Load 16t L=23m(Max) W=2.9m Gauge 1435mm | MRT PHPDT 42730 at 2035 Axle Load 16t L=20.05m(DMC),20.5m(TC,MC) W=2.76m Gauge 1435mm | Axle Load 6.6t - 7.3t L=16.0m W=2.55m Gauge 1435mm |
| Traction System | 25KV AC(OHE) or 750V DC(Third rail) | 750V DC (Third rail) | 600V DC (Third rail) |
| Motorized Ratio | Minimum 67% | 6Car 4M2T (67%) 180kw X 16 Motor ●: Drive Axle ○: Trailing Axle | 6Car 2.5M3.5T (41.7%) 120kw 120kw X 10 Motor ●: Drive Axle ○: Trailing Axle |
| Acceleration | Average Acceleration 1.0km/h/s (AW4 @8/sqm) | 1.0m/s ² (3.6km/h/s) | 3.3km/h/s (0.9m/s ²) |
| Deceeration | Service Braking 80k/h-0k/h 1.0km/h/s (AW4 @8/sqm) Emergency brake 8k/h-0k/h 1.3km/h/s (AW4 @8/sqm) | 1.0m/s ² (3.6km/h/s) 1.3m/s ² (4.7km/h/s) | 4.0km/h/s (1.1m/s ²) 4.4km/h/s (1.2m/s ²) |
| Mximum speed | 80km/h-90km/h | 80km/h | 80km/h |
| Train Weight | ***** | Tare: 240.5ton AW4:375ton | Tare:164.5ton 250% on board 256ton |
| Train Capacity | ***** | AW4 2068 passengers | 250% on board 1526 passengers |

出典：JICA 調査団

5.7 建築・設備等

路線および線形の変更により駅位置も変更の対象となった。この変更に伴い、当初設定されていた Central 駅がキャンセルされ、Esplanade 駅が新たに新設されている。更に Mahakaran 駅は、当初の位置から南へ移動された。本調査において円借款審査に関連し、特に問題となる事業費算出と関係する以下の計画内容について検証を行った。

- 従前の事業実施で大きな問題となっていた施設整備に係る土地収用状況
- 建築の構造や規模にも影響を与える、NFPA-130³に係る避難規定の適合
- 建築、設備、軌道、トンネル、信号設備等関連計画整合性に係るインターフェース管理

(1) 土地収用を伴う計画変更

本路線計画変更に伴い計画された New Mahakaran 駅および Esplanade 駅の計画及び施工にあたっては、新たな土地収用の必要性は無いことが確認された。よって駅舎整備による土地収用問題で事業の中断は発生しない。

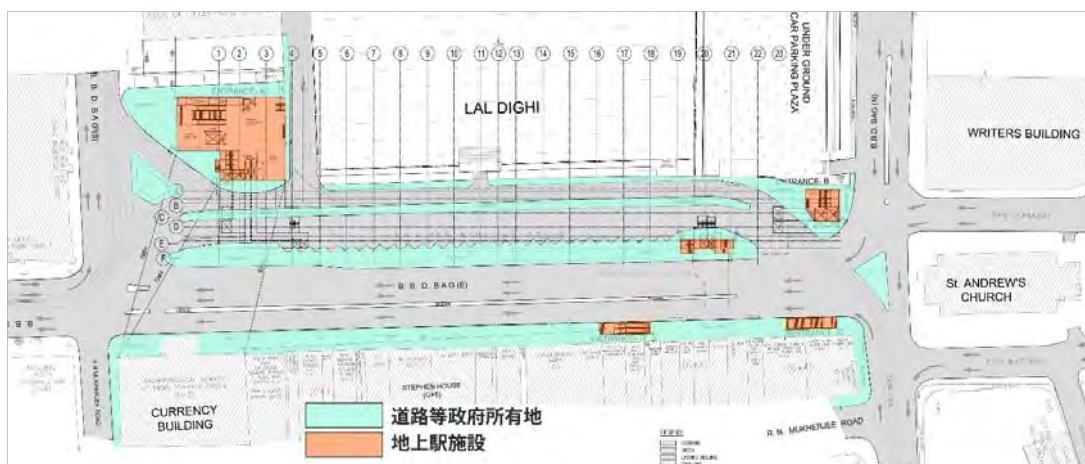


図-3 New Mahakaran 駅の地上施設レイアウトと政府所有地の関係

³ 米国の National Fire Protection Association が鉄道関連設計に係る火災に対する安全標準・規定等をまとめたもの。



図-4 Esplanade 駅の地上施設レイアウトおよび他路線駅位置と政府所有地の関係

(2) 計画における需要の増加とそれに伴う設計変更

対象 2 駅での需要と利用者予測の変化による設計変更に係る検証において、特に事業実施に係る建設費の大幅な増額があるかを、NFPA-130 準拠の是非も踏まえ検証することが重要課題であった。評価結果として New Mahakaran 駅および Esplanade 駅に対する構造躯体変更が必要となる設計の見直しは発生せず、事業継続は可能であると判断する。ただし Esplanade 駅においては、避難計画上階段の追加を詳細設計にて検証する必要がある。

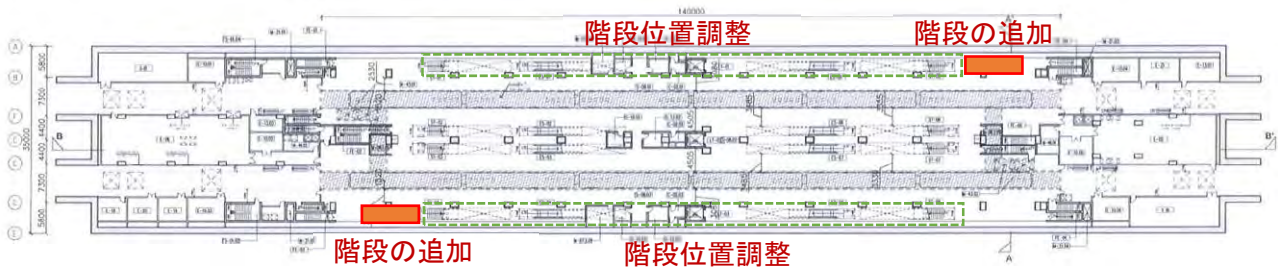


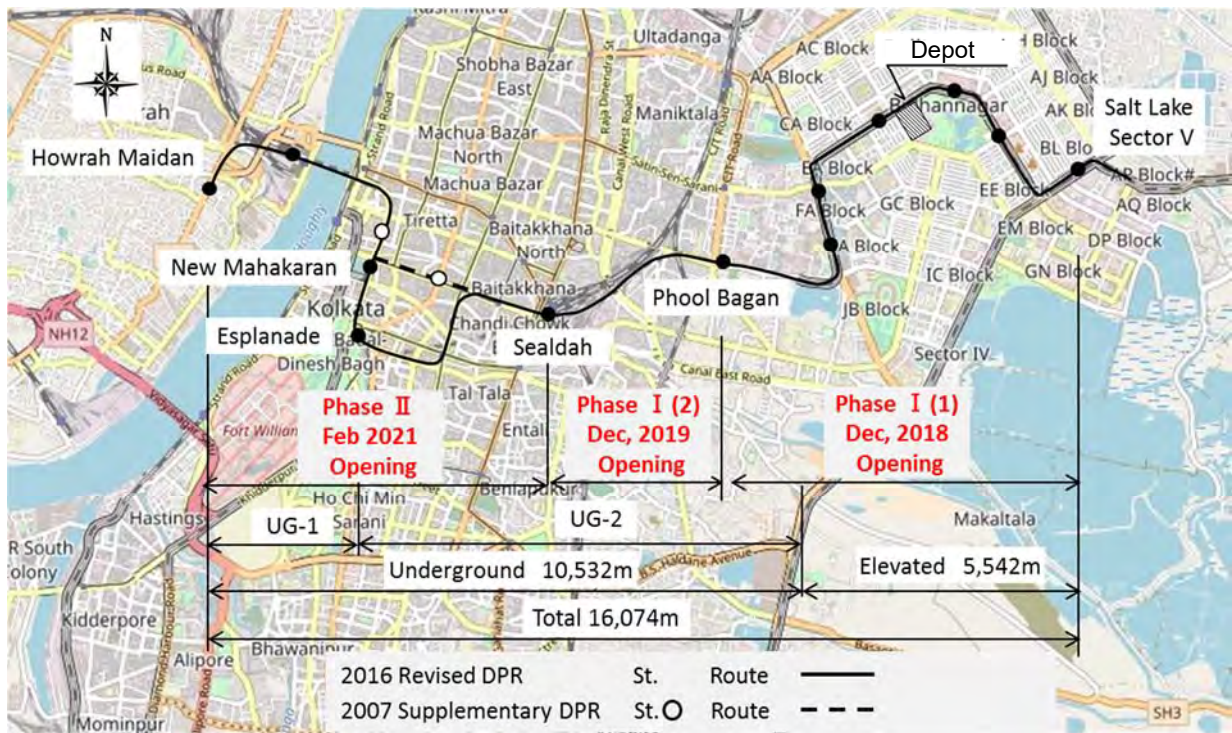
図-5 Esplanade 駅プラットフォーム階の計画変更の可能性 (案)

(3) 建築・設備計画等の整合性

各セクターが複合的に絡む駅舎建築の設計においては、GC 内にインターフェース・コーディネータが配置されており、各計画・施工間での連携をモニタリング、調整、指導している。よって、各セクター間での計画整合性は確保されており、事業実施に影響を与える問題は特にはない。

6. 事業スケジュールの確認

大部分が高架区間である Salt Lake Sector V 駅から Phool Bagan 駅間のフェーズIの一部区間が 2018 年 12 月に開通、続いて Phool Bagan 駅から Sealdah 駅のフェーズIの残り区間が 2019 年 12 月に開通、最後に Sealdah 駅から Howrah Maidan 駅間のフェーズIIが 2021 年の 2 月に開通と、段階的な開通計画であることを確認した。図-6 に各区間の開通予定時期を示す。



出典：JICA 調査団

図-6 各路線区間の開通時期

駅部及び駅間部の延長、施工期間及び施工速度を図-7 に示す。検証対象 2 駅の施工予定速度は、0.2m/日であり、他の地下区間の駅部と同程度の値である。また、トンネル区間（UG-1、2 工区）の TBM 掘進予定速度は 2.8~7.4m/日の計画である。類似プロジェクトであるチェンナイメトロの実績値 10m/日や、UG-1 完了区間実績値 8m/日と比較し安全側の計画となっている。以上より、駅部及び駅間部ともに妥当な施工計画といえる。

| Section | 2016 | | | | 2017 | | | | 2018 | | | | 2019 | | | | 2020 | | | | Legth m | Duration days | Speed m/day | |
|---------|---------------------------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------------|------------------|----------------|-----|
| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | | | | |
| Station | Howlah Maidan | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | 320 | 1450 | 0.2 |
| | Howlah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 210 | 1300 | 0.2 |
| | New Mahakaran | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 1300 | 0.2 |
| | Esplanade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 215 | 1250 | 0.2 |
| | Sealdah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 220 | 1100 | 0.2 |
| TBM | Howlah Maidan - Howlah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 730 | 260 | 2.8 |
| | Howlah - New Mahakaran | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1995 | 270 | 7.4 |
| | New mahakaran - Esplanade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 665 | 180 | 3.7 |
| | Esplanade - Sealdah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2425 | 380 | 6.4 |

出典：MPR をもとに JICA 調査団作成

図-7 駅部及び駅間部の施工速度

7. 維持・管理計画の確認

コルカタ東西メトロを運行するのは、現在は Metro Railway, Kolkata (MRK) に変更になっている（前回審査時（2010年）は KMRCL）。MRK は 1984 年以来、コルカタ地下鉄南北線（営業キロ：27km）を運営している組織であり、運営実績は十分にあると言える。インド国では「Railway Board Guidelines」

にしたがって維持管理体制が決定されている。また、必要な要員数は営業線延長 1km 当たり 47 人が国際標準とされている。その基準に従えば、維持管理のために必要な人員は $15.649\text{km} \times 47 \text{人/km} = 736 \text{人}$ となる。現在の計画では 709 人が予定されているが、業務の一部を外注で賄うとともに、電力関係については南北メトロの要員が共通して従事可能なことから、現在の計画で問題はないと判断される。一方、教育・訓練などを通じた人材育成は、南北線とほぼ同じプログラムで行われる予定であることを、MRK へのヒアリングにおいて確認した。

また、路線変更によって路線延長が 1.590km 長くなるため、土木構造物の点検・補修延長や軌道・架線の交換延長もその分だけ長くなる。さらに、車両の保守間隔は走行距離にも関係するため、路線延長が長くなるとコストや必要人員が多くなる可能性がある。しかし、路線延長の増加は 1 割程度であり、車両や保守要員の運用を効率化することで十分に賄える範囲であるため、当初計画から大きな変更は生じないものと評価する。

8. 事業費の算定

事業費の推計は以下の 3 つに分けて行う。

1) 既存工事予定金額の再評価

当該プロジェクトはほとんどの工事が入札済み、事業中（一部完了）であるために、通常の単価×工事数量という算定方法ではなく、完了工事費に物価上昇を考慮した未完了工事費を加えることによって既存工事予定金額を再評価する。

2) 地下部分の土木費の増加分

路線変更に伴う地下部分（UG-1 及び UG-2）の土木費の増加分。すでに両工区とも新しい線形での契約が更新されているので、その更新金額を採用する。

3) 路線延長の増加等に伴う追加工事費

需要予測の見直しに伴う旅客数の増加及び路線変更に伴う電気・機械設備、信号・通信設備、車両などの追加工事費を算定する。それぞれの工事費単価は既存の DPR を参考に、現時点までの物価上昇を考慮した単価に修正して用いる。

また、その他の前提条件としては以下のとおりである。

- 積算基準年：2017年6月を積算基準年とする。
- 為替レート：JICAによる2017年度円借款事業審査共通事項（案）に基づき以下の通り設定した。
 - 米ドル／日本円 1 USD = 112 JPY
 - 米ドル／インドルピー 1 USD = 64.4 INR
 - インドルピー／日本円 1 INR = 1.74 JPY
- 物価上昇率：外貨分に対しては1.7%/年、内貨分に対しては3.92%をそれぞれ適用する。

表-7に間接費を含む全体事業費と年度別支払い見込額を示す。

表-7 年度別支払い見込み額の算定

| Breakdown of Cost | Re-evaluation Costs | | | Additional Costs | | | Total | | |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------|
| | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total |
| Fiscal Year | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) |
| 2008-2016 | 25,915 | 25,690 | 51,605 | 0 | 0 | 0 | 25,915 | 25,690 | 51,605 |
| 2017 | 14,663 | 14,102 | 28,765 | 0 | 0 | 0 | 14,663 | 14,102 | 28,765 |
| 2018 | 15,174 | 10,474 | 25,648 | 0 | 0 | 0 | 15,174 | 10,474 | 25,648 |
| 2019 | 10,899 | 7,422 | 18,321 | 2,907 | 2,826 | 5,803 | 13,867 | 10,248 | 24,124 |
| 2020 | 6,092 | 2,975 | 9,067 | 3,060 | 1,333 | 4,393 | 9,152 | 4,308 | 13,460 |
| Total | 72,743 | 60,663 | 133,406 | 6,037 | 4,159 | 10,196 | 78,780 | 64,822 | 143,602 |

出典：JICA 調査団

9. 経済財務分析

9.1 収入・支出計画

(1) 収入

コルカタ地下鉄東西線の料金体系は表-8 のように設定されている。開業後の料金改定は定期的には計画されておらず、改定する場合は鉄道省から許可を得ることになる。他の地下鉄料金と比較すると、かなり安価に設定されている。

表-8 コルカタ地下鉄東西線料金表（予定）

| 乗車区間 | 料金 (Rs.) |
|------------|----------|
| 1-3 駅目まで | 10 |
| 4-6 駅目まで | 15 |
| 7-9 駅目まで | 20 |
| 10-12 駅目まで | 25 |

出典：KMRCL

表-9 コルカタ地下鉄南北線料金表

| 乗車区間 | 区間延長 (km) | 料金 (Rs.) | | | | |
|------------|--------------|----------|--------|---------|---------|---------|
| | | 東西線 | 南北線 | デリー | ムンバイ | チェンナイ |
| 1-3 駅目まで | 0.8 - 6.7 | 10 | 5 - 10 | 10 - 20 | 10 - 30 | 10 - 40 |
| 4-6 駅目まで | 3.7 - 10.8 | 15 | 5 - 15 | 15 - 20 | 20 - 40 | 20 - 40 |
| 7-9 駅目まで | 8.9 - 13.6 | 20 | 10-15 | 20 - 30 | 40 | 40 - 50 |
| 10-12 駅目まで | 14.4 - 15.6 | 25 | 15 | 30 | 40 | 50 |

出典：JICA 調査団

需要予測結果及び表-8 の料金表から算定される東西線の運賃収入額を表-10 に示す。また、南北線の収入実績から運賃外収入を運賃収入の 15% と仮定して推計した。

表-10 東西線年間収入の想定

| | 2025 | 2035 | 2050 |
|---------------|---------|---------|---------|
| 運賃収入（百万 INR） | 4,112.3 | 5,377.2 | 6,307.5 |
| 運賃外収入（百万 INR） | 616.8 | 806.6 | 946.1 |
| 収入合計（百万 INR） | 4,729.1 | 6,183.8 | 7,253.6 |

出典：JICA 調査団

(2) 支出

人件費、電気料金、設備維持費、設備更新費の合計として算定した。

- 人件費：職種別必要人員に人件費単価を乗じて算定する。また、利用者数の増加に応じて要員数も増えるものとし、その率を需要予測結果から 2025 年までを年率 2.71%、2035 年までを年率 2.64%、それ以降を年率 1.02% と設定した。
- 電気料金：必要電力量及び最新の電力料金体系（Gist of the Tariff order dated 28/10/2016 for the year 2016-17 issued by the Commission）をもとに、2025 年では年間 837 百万 Rs.、2035 年では年間 994 百万 Rs. と計算される。

表-11 年間電力料金

| | 2025 | 2035 |
|------|---|---|
| 基本料金 | 36.1MVA×384Rs/kVA×1000 (MVA/kVA) ×12months =166.3 million Rs 289.4 百万円 | 42.6MVA×384Rs/kVA×1000 (MVA/kVA) ×12months =196.3 million Rs 341.6 百万円 |
| 従量料金 | 32.3MWh/h×7.11 Rs/kWh×1000 (MW/kW) ×8h (一日相当推定値) ×365 日 =670.6 million Rs 1,166.8 百万円 | 38.4MWh/h×7.11 Rs/kWh×1000 (MW/kW) ×8h (一日相当推定値) ×365 日 =797.2 million Rs 1,387.1 百万円 |
| 合計 | 836.9 million Rs/year 1,456.2 百万円/年 | 993.5 million Rs/year 1,728.7 百万円/年 |

出典：JICA 調査団

- 設備維持費：事業費の2%を毎年、設備維持費に充てるものとする。
- 設備更新費：利用者数の増加に応じて5年に1度、必要台数を購入する。また、信号・通信設備費の10%を事業開始20年後に、車両設備費の25%を事業開始後30年後に見込む。

9.2 財務分析

2018年12月にフェーズ1A (Phool Bagan～Salt Lake Sector V)、2019年12月にフェーズ1B (Phool Bagan～Sealdah)、2021年に全線が開業するというスケジュールで2050年までのキャッシュフローを計算し、FIRRを算定した結果0.20%と財務的にはかなり厳しい結果となった。事業費の削減は見込めないことから、運賃体系の見直し、運営体制の見直し(要員数の縮小)などによって財務状況を改善する必要があるが、特に料金体系を見直すことによって財務状況はかなり改善される。

9.3 経済分析

経済的評価では、プロジェクトによってもたらされる直接的な経済便益と経済費用(投資と維持費の実質的な負担額)を比較して、費用便益分析によってプロジェクトを評価した。ここで算定した経済便益は表-12及び表-13に示す通りであり、バス及び自家用車の購入費用の節減額が最も大きく、次いで旅行者の時間短縮便益、車両運行コスト節減となっており、これら3つの便益で全体の96%以上を占めている。

表-12 経済便益額の算定結果(バス及び自家用車の購入費用及び維持管理費の節減)
(Unit: INR Crore)

| BENEFITS | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Benefits due to less no. of buses | 338.1 | 451.4 | 609.8 | 775.8 |
| Benefits due to less no. of other vehicles | 704.5 | 826.7 | 950.0 | 1,082.0 |
| Total | 1,042.6 | 1,278.1 | 1,559.8 | 1,857.8 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

表-13 経済便益額の算定結果(その他)

(Unit: INR Crore)

| BENEFITS | 2020 | 2025 | 2035 | 2050 |
|---|--------|--------|--------|----------|
| Saving in VOC due to less number of vehicles on road | 311.5 | 352.5 | 468.9 | 625.2 |
| Saving in VOC due to decongestion effect on road | 49.8 | 53.6 | 57.4 | 68.6 |
| Saving in value of passenger time | 681.21 | 752.77 | 905.48 | 1,059.42 |
| Reduction in Pollution due to less number of vehicles on road | 20.26 | 22.74 | 29.57 | 38.84 |
| Reduction in Pollution due to decongestion effect on road | 7.01 | 7.59 | 8.22 | 9.63 |
| Benefits due to reduction in accidents | 4.3 | 4.6 | 5.4 | 7.1 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

路線全体の開業（2021年）から30年間の費用と便益を計算し、EIRRを算出すると11.37%となり、一般的に公共事業として実施する基準である12%を下回る結果となった。しかし、この結果はコルカタ東西線メトロ事業を実施する必要はないことを示すものではない。本事業は諸々の原因により工事が中断し、その間、コストだけが支出され、便益が全く創出されることがなかった。ちなみに、本来は2014年に開業予定であったことから、6年間の工事の遅れがなかったとし、2009年～2014年までの支出が2014年度に発生したと仮定して（工事期間を当初予定通り7年間とする）、さらにその遅れによるインフレを削除してEIRRを計算すると12.53%と12%を超え、経済的に実施の妥当性があることが証明された（表-14参照）。ただし、この12%をわずかながら超える結果は、需要の下振れによって12%を下回ることになるため、開業後に事後評価を行い、需要が想定通りに行かない場合には需要を喚起させる方策を検討する必要がある。

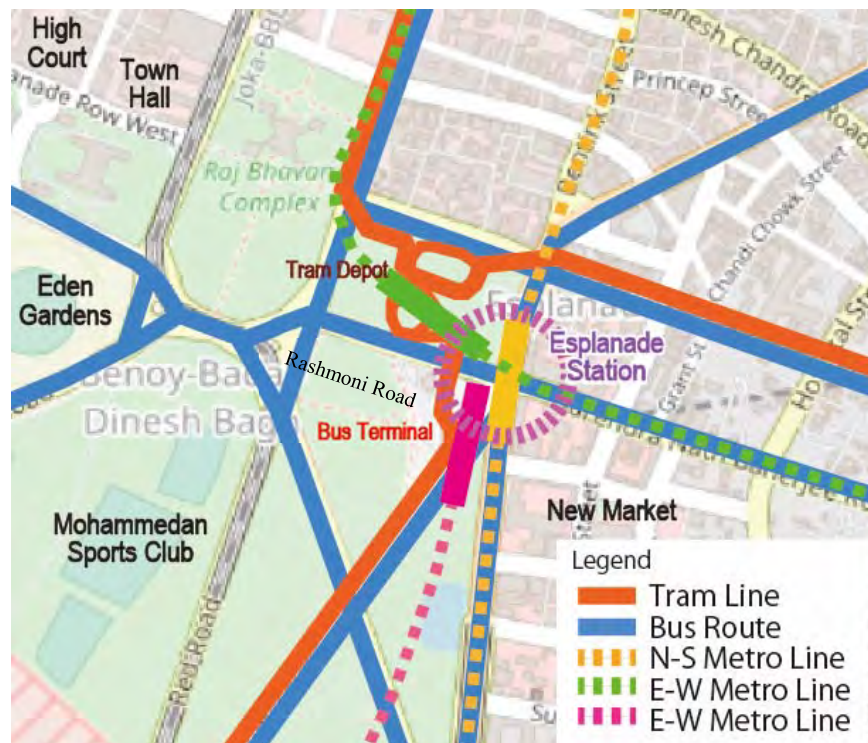
表-14 経済分析結果

| EIRR | NPV@12% |
|--------|------------------|
| 12.53% | 247.9 Rs. Crores |

出典：JICA 調査団

10. 中心駅開発方策の検討

Esplanade 駅は、南北線に加え、東西線、Joka 線も乗り入れる計画となっている。RITES が実施した需要予測の結果によると、2035年時点の地下鉄3線の乗り換え旅客数は355,159人/日、バス、タクシー、自家用車、徒歩等の手段を使ってEsplanade駅を利用する数は187,092人/日であり、Esplanade駅は、将来的に一大ターミナルとなることが想定されている。現在、駅周辺は公共交通機関が充実しているが、公共交通ネットワークの拠点としての機能を果たし切れていない。さらに、駅周辺は商業業務施設、観光施設、レクリエーション施設等が数多く立地しているが、核となる施設がなく、まとまりに欠け、魅力ある空間となっていない。コルカタ首都圏の中心駅としてEsplanade駅を機能させるため、公共交通機関の円滑な乗り換え利便性を確保し、地域の資産となる拠点として駅周辺開発を行う必要がある。

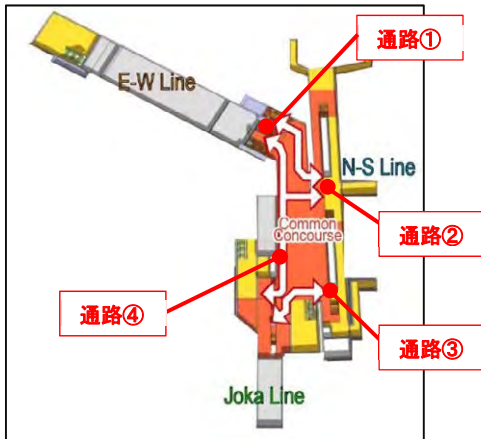


出典：JICA 調査団

図-8 地下鉄3線の位置図

10.1 駅構内並びに駅周辺の動線計画

地下鉄間の乗り換え利便性を高めるために、図-9 に示すとおり、地下鉄 3 線の駅相互を連絡する共通コンコースを設置し、円滑な乗り換え動線を確保する。また、図-10 に示すとおり、地下の共通コンコースから接続される駅前広場は、バスターミナルに近接して配置し、バスの利用者が即座に地下鉄へ移動できるように地上部での歩行者動線を確保する。さらに、地上部では歩行者が安全に通行できるように、駅前広場からトラムターミナル、自家用車用駐車場、タクシー乗り場等へアクセスできるための立体歩道橋を設置し、可能な限りバスや自家用車等の動線と歩行者動線を分離する必要がある。



出典：JICA 調査団
図-9 地下部連絡通路の整備イメージ



出典：JICA 調査団
図-10 地上部の動線計画

10.2 必要な施設と規模

地下鉄相互ならびに地下部と地上部の乗り換え動線を確保するために必要な施設として、共通コンコース、駅構内連絡通路、運行情報提供施設、案内板・他情報提供施設等を設置する。また、上述した需要予測の結果を踏まえて算定した必要な施設規模を表-15 に示す。

表-15 駅構内並びに駅前広場内の各交通機関に必要な施設規模

| 地下 | 駅構内連絡通路 | 有効幅員 | 通路①は 12～23 m、通路②は 7～14 m、通路③は 2～3 m、通路④は 8～15 m (図-8 内の通路①～通路④) |
|-------|---------|--------|---|
| 地上 | 駅前広場 | 総面積 | 46,689.0 m ² |
| | バス | 必要面積 | 5,239.0 m ² (乗降バス面積 4,550 m ² / 乗場滞留面積 689 m ²) |
| | | 必要バス数 | 65 バス (乗車バス数 41 バス / 降車バス数 21 バス) |
| | タクシー | 必要面積 | 11154.5 m ² (乗降バス面積 460 m ² / 乗場滞留面積 334.5 m ² / 駐車場面積 10,350 m ²) |
| | | 必要バス数 | 23 バス (乗車バス数 6 バス / 降車バス数 17 バス) |
| | | 必要駐車場数 | 345 台 |
| | 自家用車 | 必要面積 | 2,460 m ² (乗降バス面積 300 m ² / 駐車場面積 2,160 m ²) |
| 必要バス数 | | 15 バス | |
| | | 必要駐車場数 | 215 台 |

出典：JICA 調査団

Esplanade 駅および駅周辺開発を効果的に進めるためには、鉄道省や西ベンガル州等の官のみでは実行することは難しく、開発の各段階で民間事業者との協議・合意形成を図り、官民が一体となって整備を進めることが望まれる。

第1章 調査概要

1.1 調査の背景と目的

(1) 調査の背景

調査対象地区であるコルカタ（旧称カルカッタ）は、インド東部に位置する西ベンガル州の州都であり、19世紀後半から20世紀初頭にはイギリス領インド帝国の拠点として栄えた由緒ある街である。2011年の都市圏人口は近郊も含め1,461万人¹で、インドにおいてはデリーとムンバイに次ぐ第3位の規模を誇る街である。また、インドにおける地下鉄発祥の地としても知られており、1984年にインドで初めて開業した地下鉄南北線は朝夕の利用率も高く、地上交通の渋滞緩和に一定の効果を発揮している。

また、2001年にはコルカタ首都圏開発庁により「コルカタ都市圏交通改善マスタープラン」が作成され、建設済みの地下鉄南北線に加え、東西線の整備についても日本政府に支援が要請され、2008年に日本政府は東西線に対しても円借款を供与することを決定し、現在建設・調達が進められている。当初の予定では2014年に全線開通を見込んでいたが、主に、用地取得の問題により事業に遅延が発生した。関係省庁である鉄道省と西ベンガル州は、事業を進捗させるために Mahakaran 駅～Sealdah 駅間の線形を見直すとともに、南北線と交差する Esplanade 駅周辺の開発を促進させ、コルカタ市交通環境改善に資する変更計画を作成した（Revised Detailed Project Report、2016年1月（以下、「修正DPR」））。事業進捗にこれ以上の遅れが出れば、コルカタ市の経済や市民生活に甚大な悪影響が出ることは避けられず、路線変更により事業を進め、併せて乗換駅の連結性強化、駅周辺における TOD² 開発により地下鉄網全体の利便性を向上させることにより地下鉄網（南北線、東西線及び Joka 線）の利用者増加を図り、さらに市全体の公共交通環境改善を図ることができれば、東西線の整備効果がさらに増大することが期待される。

したがって、日本政府が本事業に対する支援を継続するためには、これらの事業計画の変更について妥当性を検証するとともに、修正 DPR の技術的・経済的観点からのレビューや Esplanade 駅の連結性強化に係る検討を行うことが必要となっている。

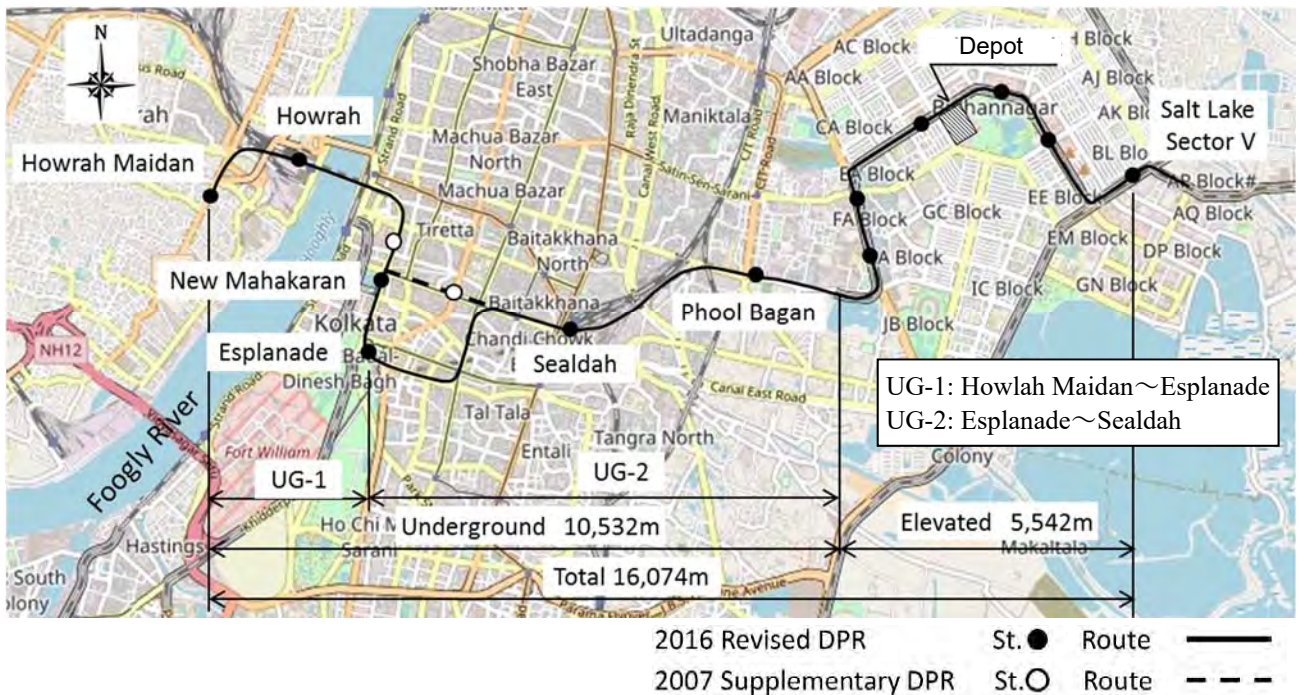


図 1.1.1 路線変更概要図

¹ 2011年人口センサスより

² 公共交通志向型開発（Transit Oriented Development）

(2) 調査の目的

本業務の目的は以下の3点に集約される。

- 1) 「コルカタ地下鉄東西線建設事業」の円借款審査に必要な情報収集
- 2) 同事業の路線計画変更に伴う修正 DPR の技術的観点からのレビュー
- 3) Esplanade 駅の他の交通モードとの連結性強化に係る基礎的検討

なお、コルカタ東西地下鉄の計画はいくつかの修正を経てきており、それらは以下の①～④の DPR にまとめられている。

- ① 2006年3月：オリジナル DPR (KMRCL 作成)
- ② 2007年5月：補足 DPR (KMRCL 作成)
- ③ 2015年4月：路線変更 DPR (RITES 作成)
- ④ 2016年1月：修正 DPR (KMRCL 作成)

今回の評価対象となる路線は、③路線変更 DPR 及び④2016年修正 DPR で検討されており、本調査でも主にはこの2つの DPR の記載内容を対象にレビューを行うことになる。本調査では前者を「2015 路線変更 DPR」、後者を「修正 DPR」とそれぞれ呼ぶこととする。

1.2 調査の内容とスケジュール

1.2.1 調査の内容

調査は大きく、以下の2項目に分類される。

I. 路線変更後の DPR のレビュー

修正 DPR の内容を確認し、JICA がその技術的、経済的妥当性の判断を行うための資料を作成する。調査項目は以下のとおりである。

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| (1) 計画路線の確認 | 7) 建築・設備等 |
| 1) 路線変更と Esplanade 駅設置位置の妥当性 | (4) 事業費の確認 |
| 2) 路線計画の妥当性 | (5) 事業実施スケジュールの確認 |
| 3) Esplanade～Sealdah 間の新駅設置の可能性 | (6) コンサルティング・サービスの確認 |
| (2) 旅客需要予測、運行計画の確認 | (7) 維持管理計画の確認 |
| 1) 旅客需要予測 | 1) 組織及び要員体制 |
| 2) 運行計画の確認 | 2) 維持・管理計画 |
| (3) 事業における技術分野の確認 | 3) 人材開発計画 |
| 1) 軌道 | (8) 経済財務分析 |
| 2) 土木施設 | 1) 収入・支出計画 |
| 3) 車両基地 | 2) 経済分析 |
| 4) 電気・機械施設 | 3) 財務分析 |
| 5) 信号・通信施設 | (9) 整備効果指標の算定 |
| 6) 車両 | |

II. 中心駅における他交通モードとの連結性強化

既設の南北線及び東西線の交差駅となり、加えて今後建設が計画されるメトロの別路線（Joka 線）との乗換駅にもなる Esplanade 駅は、今後も利用者数の増加が見込まれる。整備された場合の旅客需要予測結果について整理するとともに、施設整備計画の改善案を検討する。調査項目は以下のとおりである。

- | | |
|---------------------------------|------------|
| (10) Esplanade 駅の現状把握 | 1) 動線計画 |
| (11) 交通量の予測 | 2) 施設規模の検討 |
| (12) Esplanade 駅のインフラ施設設備計画レビュー | 3) 設備計画 |

1.2.2 スケジュール

調査は2017年2月から2018年6月までの約16ヶ月間に亘って行われ、その間、5回の現地調査を行った。各現地調査の実施時期及び主な調査内容は以下の通りである。

- 第一次現地調査（2017年2月中旬～3月中旬）：ICRの説明及び提出、必要資料の収集
- 第二次現地調査（6月中旬～7月上旬）：現地で収集した資料の分析結果を踏まえて、C/Pを含む関係機関との協議を実施するとともに、需要予測作業の進捗を確認。
- 第三次現地調査（7月下旬～8月中旬）：第二次現地調査と同様に、C/Pを含む関係機関との協議を実施するとともに、JICAの第三期円借款アブレーザルミッションの支援を行う。
- 第四次現地調査（9月中旬）：DFR作成に向けたC/Pとの最終調整、必要情報の入手
- 第五次現地調査（2018年1月初旬～1月中旬）：DFR骨子の説明及び協議

表 1.2.1 調査全体スケジュール

| 年 | 2017 | | | | | | | | | | | | 2018 | | | | | | | |
|-----|-----------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|------|---|---|-----------|---|--|--|----------|
| 月 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| 国内 | □ | | | | □ | □ | | □ | □ | | | □ | | | | | | | | |
| 現地 | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | | | | | ■ | | | | | | | |
| 報告書 | ▲ IC/R | | | | | | | | | | | | | | | ▲ DF/R | | | | ▲ F/R |

ICR：インセプション・レポート

DFR: ドラフト・ファイナル・レポート

FR：ファイナル・レポート

1.3 JICA 調査団の構成

JICA 調査団は業務管理グループ、鉄道計画グループ、鉄道システムグループの3つから構成され、それぞれのグループが補完し合いながら作業を実施する。

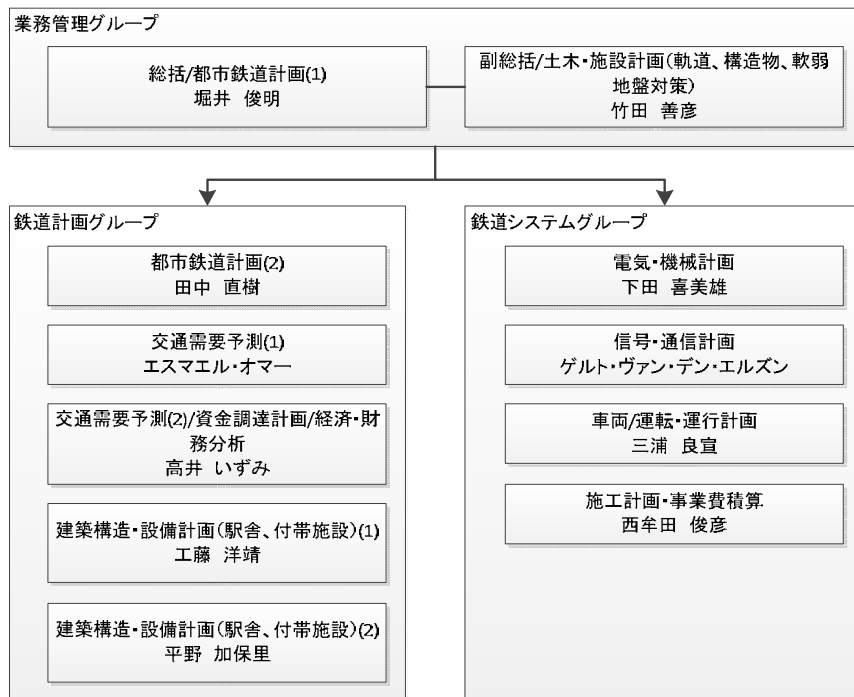


図 1.3.1 JICA 調査団の構成

第2章 コルカタ東西地下鉄建設事業の概要

2.1 事業概要

2.1.1 プロジェクトの概要

コルカタ東西地下鉄建設事業は、新街区として開発が進むコルカタ北東部のソルトレイク地区と、フーグリー川を挟んでコルカタ市の西の玄関口となっているハウラー地区を結ぶ、延長 16.074km の大量輸送機関を整備するものである。高架区間の延長は 5.542km (6 駅)、地下区間の延長は 10.532km (6 駅)である。東西線は、地下鉄南北線と Esplanade 駅で交差・接続し、東西南北の都市交通基軸を形成するとともに、Howrah 駅や Sealdah 駅において国鉄とも接続を予定している。

また、将来は Salt Lake Sector V 駅において空港線との接続や、Esplanade 駅において Joka 線との接続が計画されており、これらが完成すれば都市鉄道ネットワークが大幅に充実し、交通渋滞や都市の不均衡な発展といった諸問題の解決に貢献するものと期待されている。

東西線は、当初、2014 年の開業を予定していたが、用地買収の問題や周辺建物への影響および工事中に予想される交通渋滞等のために、Sealdah 駅から Howrah 駅間においてルートの見直しを行い、2021 年の開業目標に向けて工事が進められている。

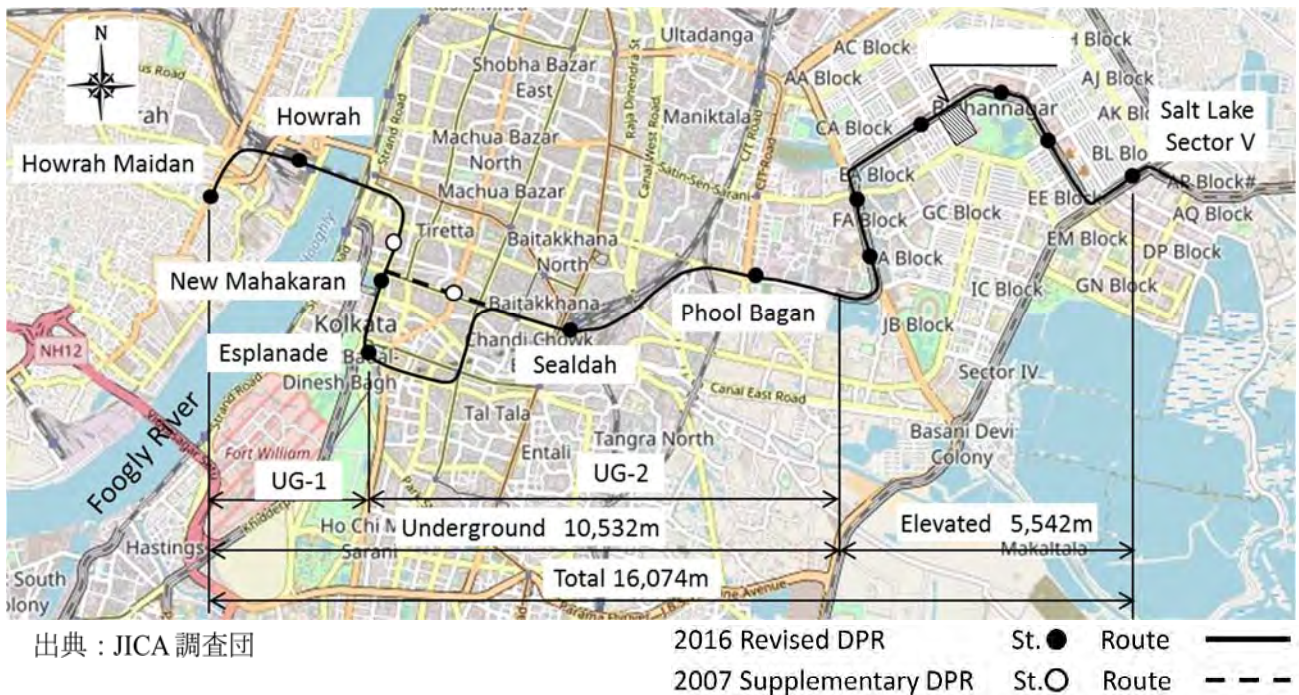


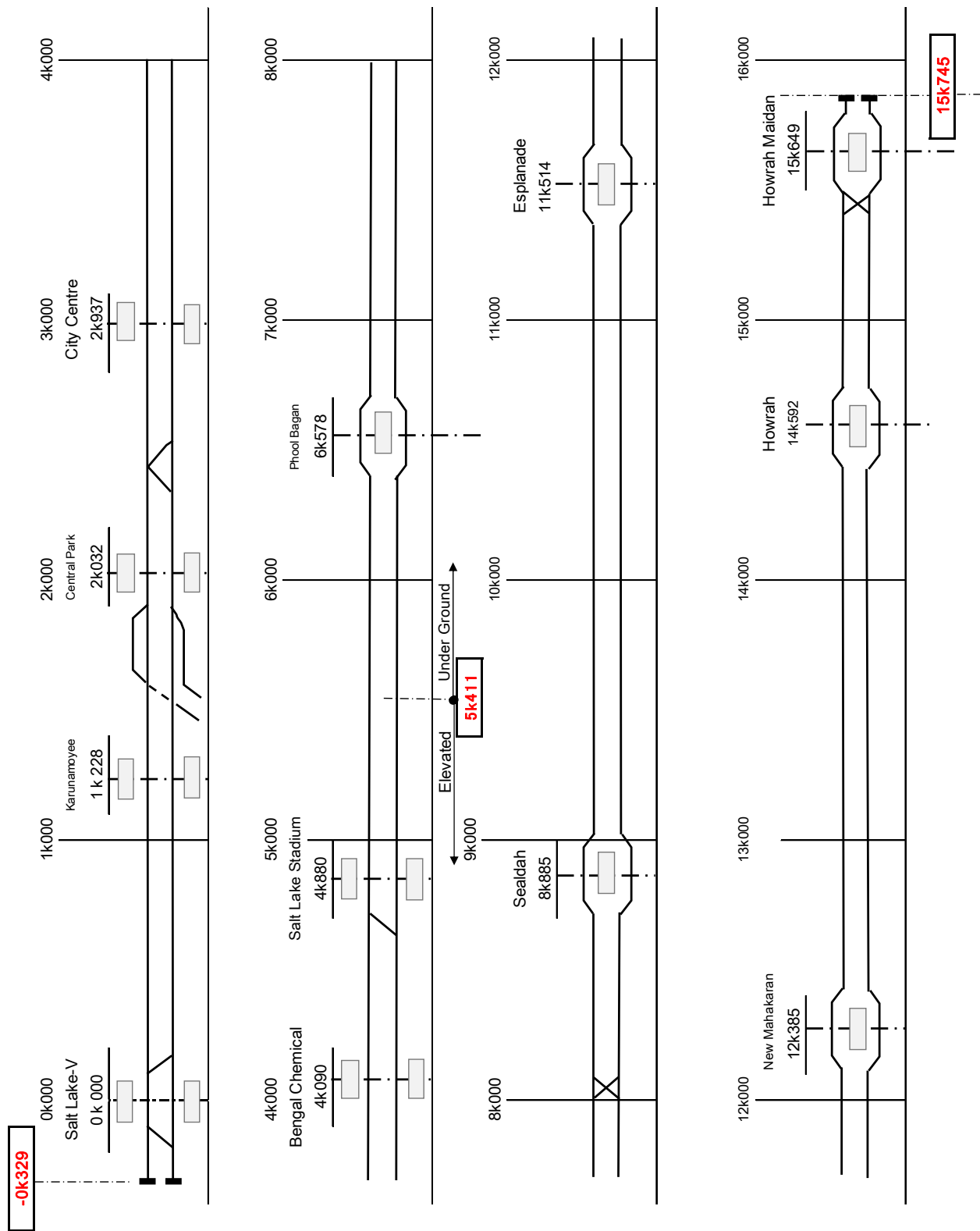
図 2.1.1 計画ルート概要図

表 2.1.1 路線変更前後の延長比較

(単位：m)

| | UG-1 | UG-2 | Viaduct | Total |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Original | 3,692.005 | 5,231.695 | 5,560.369 | 14,484.069 |
| Revised | 4,123.500 | 6,408.363 | 5,542.980 | 16,074.843 |
| Difference in length | 431.495 | 1,176.668 | -17.389 | 1,590.774 |
| | 1,608.163 | | -17.389 | 1,590.774 |

出典：KMRCL



出典：JICA 調査団

図 2.1.2 駅配置及び配線略図

鉄道施設及び車両・信号通信・その他設備の仕様を表 2.1.2 と表 2.1.3 に示す。

表 2.1.2 鉄道施設の仕様

| 項目 | | 諸元 | 備考 |
|-----------|-----|---------|-----------------------------|
| 軌間 | | 1,435mm | 標準軌（バラストレス軌道） |
| 設計速度 | | 80km/h | |
| 最小曲線半径 | 一般部 | 200m | やむを得ない場合は 120m |
| | 駅部 | 1,000m | 直線が望ましい |
| 最小円曲線長 | | 25.0m | |
| 曲線間の最小直線長 | | 25.0m | |
| 最急勾配 | 一般部 | 2.0% | やむを得ない場合は 4.0% |
| | 駅部 | Level | |
| | 地下駅 | 0.1% | 排水のため |
| 縦曲線半径 | | 2,500m | 本線以外または やむを得ない場合は 1,500m |
| 最小縦曲線長 | | 20.0m | |
| 集電方式 | | 第三軌条方式 | |

出典：JICA 調査団

表 2.1.3 車両、信号通信、その他設備の仕様

| 項目 | 諸元 | 備考 |
|--------|---------------------------|--|
| 車体長 | DMC: 21.05m, TC/MC: 20.8m | DMC: Driving Motor car、TC: Trailer Car、MC: Motor Car |
| 軸重 | 16 トン | |
| 編成車両数 | 6 両 / 編成 | 2DMC + 2TC + 2MC |
| 定員 | 2,068 人 / 編成 | 1 クラスのみ |
| 座席形状 | ロングシート | |
| き電電圧 | DC 750V | |
| 車両構造 | ステンレス車体 | |
| 信号通信方式 | ケーブル式自動列車制御（CATC） | |
| 料金收受方式 | 自動料金收受システム | スマートカード等 |
| ホーム設備 | ホームドア | |

出典：JICA 調査団

2.1.2 地盤概要

コルカタはフーグリー川の東岸に形成された自然堤防上に発展した都市であり、その地盤は主として軟弱な河川堆積物で構成されている。

東西線の計画路線においては、地層構成の変化が基本的に小さく、GL-10.0m 程度までは軟弱な沖積粘性土が主体であり、それ以深には比較的硬質で密度の高い粘性土主体の層が分布している。

また、地下水位は GL-1.0~3.0m 程度と高く、雨季には市街地の各所で浸水被害が多発している。

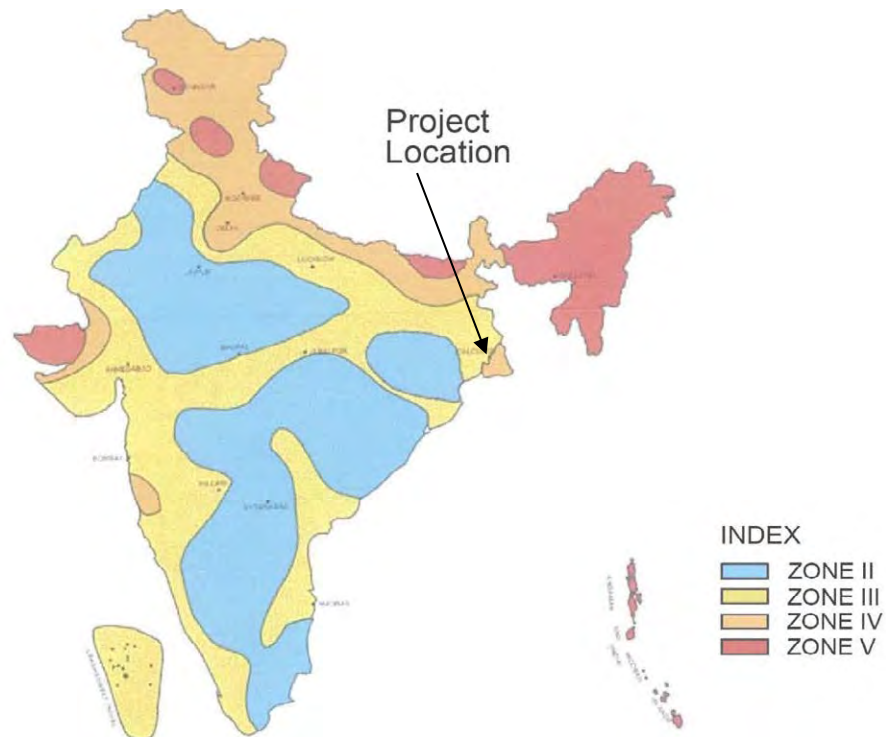
トンネル区間における各層の地盤特性を表 2.1.4 に示す。

表 2.1.4 トンネル区間(路線変更区間)における地盤特性

| Layers | Depth below GL (m) | Classification of soil as per IS: 1498 | Observed SPT 'N' values (without correction) | Consistency (%) | | |
|--------------------------|--------------------|--|--|-----------------|---------|---------|
| | | | | LL | PL | PI |
| Silty clay / Clayey silt | 0-10 | CH, MI, MH, CI | 3 - 10 | 43 - 70 | 24 - 33 | 18 - 39 |
| Clayey silt | 10-30 | CH, CL, MI, MH | 13 - 31 | 31 - 63 | 20 - 31 | 10 - 31 |
| Silty sand / sandy silt | 11-30 | ML | 16 - 87 | Non plastic | | |

出典：修正 DPR

また、コルカタは地震区分図のゾーンⅢに区分されており、地震の影響は比較的穏やかであるが、ゾーンⅣに近いこと、東西線の構造物は地震の影響を考慮して設計が行われている。



出典：修正 DPR

図 2.1.3 インド国における地震区分図

2.1.3 トンネル工事

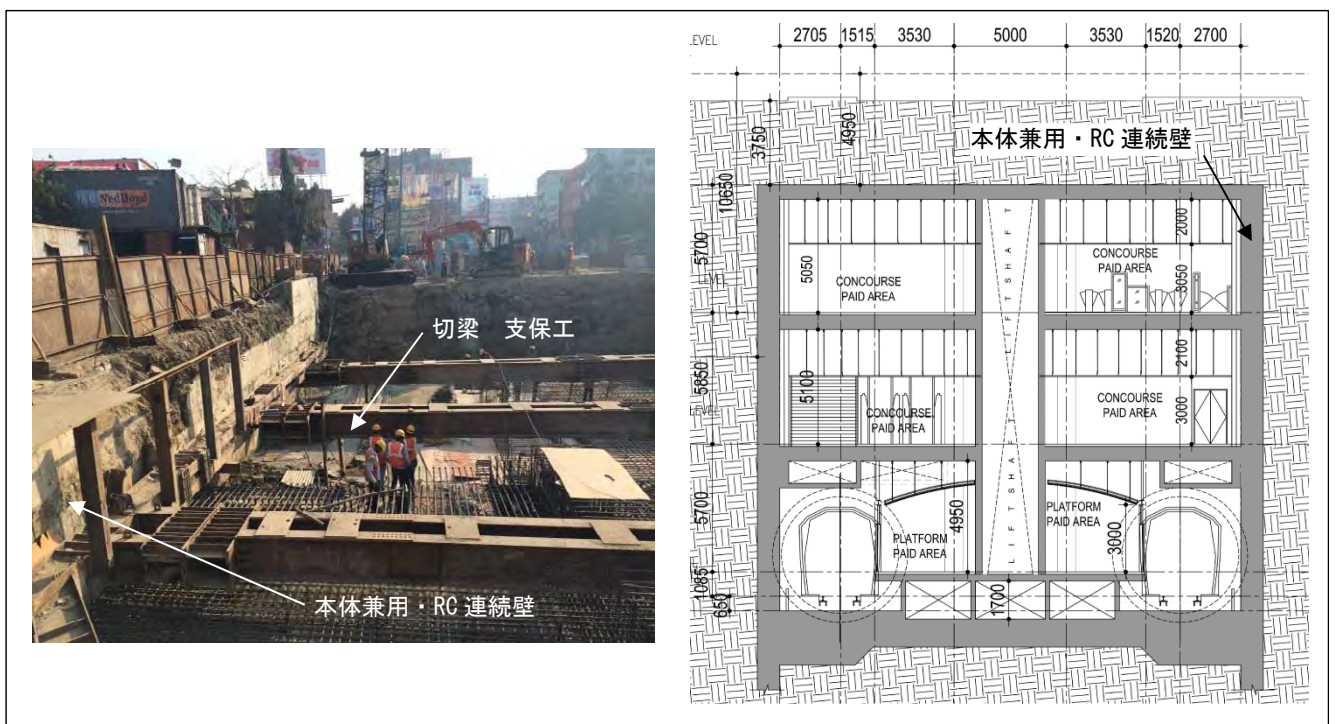
トンネル工事においては、複雑かつ大規模な地下空間を要する駅舎部には開削工法を採用し、延長が長く断面形状の変化が必要無い駅間部にはシールドトンネル工法が採用されている。

地下区間はUG-1 (Esplanade～Howrah Maidan) とUG-2 (Phoolbagan～Esplanade) の2工区に分けて発注されており、基本的な設計思想は同じである。各工法の概要は以下の通りである。

(1)開削工法

日本では鋼矢板やSMW (Soil Mixing Wall)を用いた仮土留め壁と鋼製切梁を用いて地下に空間を確保し、その中に駅舎となるRCボックスカルバートを構築する方法が一般的である。

しかし、東西線では工期短縮を図るため、地表から本体兼用のRC地中連続壁を施工した後に、切梁代わりのRC床版を上床から中床、下床の順に構築（逆巻き）しながら内部を掘削して駅舎を構築することになっている。



出典：GC 提供を基に JICA 調査団作成

図 2.1.4 開削工法による駅舎一般図と現地写真

(2)シールドトンネル工法

駅間部は、軟弱地盤や河川の下を通過するため、土圧式 (Earth Pressure Balance Shield) の円形断面トンネルが採用されており、東行および西行の2本の単線トンネルに分けて掘削する。

表 2.1.5 シールドトンネルの形式比較表

| Soil Condition | N-Value | Hand Mining Shield | Excavation Shield | Open Mechanical shield | Blind Shield | Earth pressure Balance Shield | Slurry shield |
|----------------|-----------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|
| Soft Clay | 0-5 | Δ | x | x | + | + | + |
| | 5-10 | + | Δ | + | x | + | + |
| Hard Clay | ~10 | + | + | + | x | + | + |
| Sand | Clay Sand | 10-15 | + | + | x | + | + |
| | Loose | 10-30 | Δ | x | Δ | + | + |
| | Dense | ~30 | + | + | + | x | + |
| Gravel | ~40 | Δ | + | x | x | + | Δ |

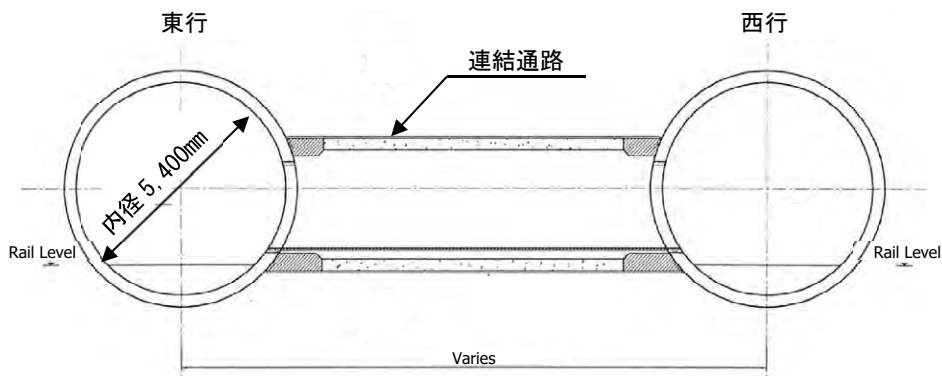
| | | | | | |
|---|--------------------|---|------------|---|----------------|
| Δ | Necessitates study | + | Applicable | x | Not applicable |
|---|--------------------|---|------------|---|----------------|

出典：2007補足 DPR

トンネル断面は内径 5,400mm、外径 5,950mm、覆工は幅 1.4m 又は 1.5m、厚さ 275mm の 6 分割 RC プレキャストセグメントを標準としており、曲りボルトでそれぞれを連結している。

また、東行・西行のトンネルは、地下構造物の国際基準である NFPA130 の規定に従い、244m 以内に 1 か所の連結通路が設けられる予定である。

1 か所の連結通路が設けられる予定である。



出典：JICA 調査団

図 2.1.5 トンネル標準断面図（連絡通路部）及び施工状況

2.1.4 プロジェクトの特徴

本プロジェクトはコルカタにおいて2番目となる地下鉄事業であるが、プロジェクトの特徴として以下の2点が挙げられる。

(1)他の鉄道路線との接続による都市交通ネットワークの形成

古くから発展したコルカタは、フーグリー川によって西部のハウラー地区と東部のコルカタ地区に分断されており、両地区はフェリーと道路橋のみで結ばれている。また、開発の進むコルカタ北東部のソルトレイク地区とのアクセスは自動車交通しか無い状況である。均衡のとれた都市整備を実現するためには、これら3つの地区を結ぶ大量輸送機関が必要であり、本プロジェクトが果たす役割は大きい。

また、東西線は既存の鉄道路線や将来の鉄道路線との接続を考慮したルート及び駅配置となっているため、都市交通ネットワークの充実という観点からも期待されている。



出典：KMRCL Newsletter vol.1 をもとに JICA 調査団作成

図 2.1.6 コルカタ都市圏の鉄道ネットワーク整備計画図

(2)インド国初の河川下横断トンネルの採用

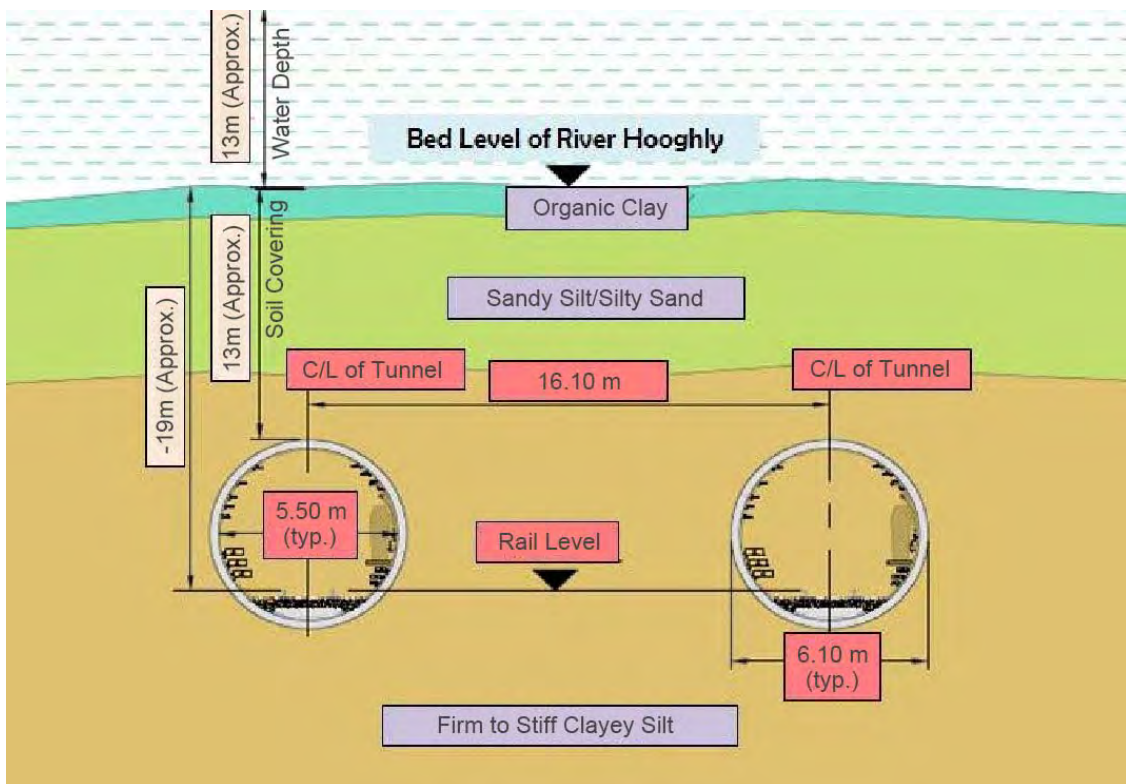
川幅 520m のフーグリー川の下を横断する鉄道トンネルは、インド国初の試みである。

防水対策として全ての RC セグメントに水膨張性ゴム止水材を設置し、二次グラウトの注入や排水溝を配置するなど、安全性に配慮がなされている。

また、RC プレキャストセグメントに使用するコンクリートにはフライアッシュやマイクロシリカを練り混ぜて、耐水性を高めた仕様としている。

トンネルの深さはフーグリー川の河床からトンネル頂部まで 13m の土被りを確保し、トンネルの中心間隔は 16m として地中における安定性を確保している。なお、必要最小土被りに関してインド国の技術基準はないが、日本の技術基準（鉄道構造物等設計標準・同解説シールドトンネル編）でトンネル外形 1.0D 硫黄と示されていることを踏まえると、 $13\text{m} > 2.0\text{D}$ となっており、十分な土被りといえる。

シールドマシンは、大きな土圧に対応できるように設計されており、2017 年 7 月には大きな不具合もなく無事に河川下の掘削を完了させている。



出典：修正 DPR

図 2.1.7 フーグリー川におけるトンネル配置横断面図

2.2 事業の進捗状況

「Monthly Progress Report No.90 (2017 年 4 月) (以下、MPR)」を基に、土木、機械・電気、軌道等に大別の上、表 2.2.1 に示すように、現時点の事業の進捗率を整理した（対象区間は図 2.1.1 を参照のこと）。東側の高架区間の土木及び建築構造物は特殊部を除きほぼ完了し、残りは駅舎部分の建築施設・内装仕上げ工となっている。西側の地下区間については、東側工区（UG-2）が 70%程度の進捗であるのに対して、西側工区（UG-1）は 40%程度の進捗である。機械・電気は調達段階、軌道・附帯施設は土木・建築の後続工事として順調に進んでいる。

表 2.2.1 事業の進捗状況

| 分野 | 事業内容 (設計・工事) | 事業費 (in INR Cr.) | 工事進捗率(%) | | | | 備考 |
|----------|-----------------------|---------------------|----------|----|----|----|--|
| | | | 20 | 40 | 60 | 80 | |
| 土木・建築 | 高架区間 ■ 駅間部躯体 | 256.68 | | | | | 特殊部を除き、完了 |
| | 高架区間 ■ 駅舎部躯体 | 136.11 | | | | | 土木工事完了 |
| | 高架区間 ■ 駅舎・建築 | 55.00 | | | | | 駅舎施設、内装等を工事中 |
| | 車両基地 | 145.78 | | | | | 土木工事完了、建築仕上げ工事中 |
| | 地下区間(UG-1): ■ 西側工区 | 938.00 | | | | | TBM はフーグリー川下通過し、全延長の 50%程度完了。3 駅共に仮設・本体等の土木工事中。 |
| | 地下区間(UG-2) ■ 東側工区 | 908.63 | | | | | TBM は Sealdah 駅～Phool Bagan 駅間完了。残り全体の約 50%程度。3 駅共に仮設・本体等の土木工事中。 |
| 機械 電気 | 機械及び電気設備一式 | 478.60 | 0% | | | | 調達段階 |
| 軌道・附帯 | 列車制御装置等 | 292.06 | | | | | 製造中 |
| | 車両 | 899.91 | | | | | 製造中 |
| | 信号 | 35.09 | | | | | 製造中 |
| | 軌道 | 166.00 | | | | | 施工中 |
| | 電力 | 174.63 | | | | | 製造中/施工中 |
| | 車両基地・特殊装置 | 85.00 | | | | | 製造中/施工中 |
| 事業費合計 | | 4,571.49 | | | | | |

出典：Monthly Progress Report No.90 (2017年4月)

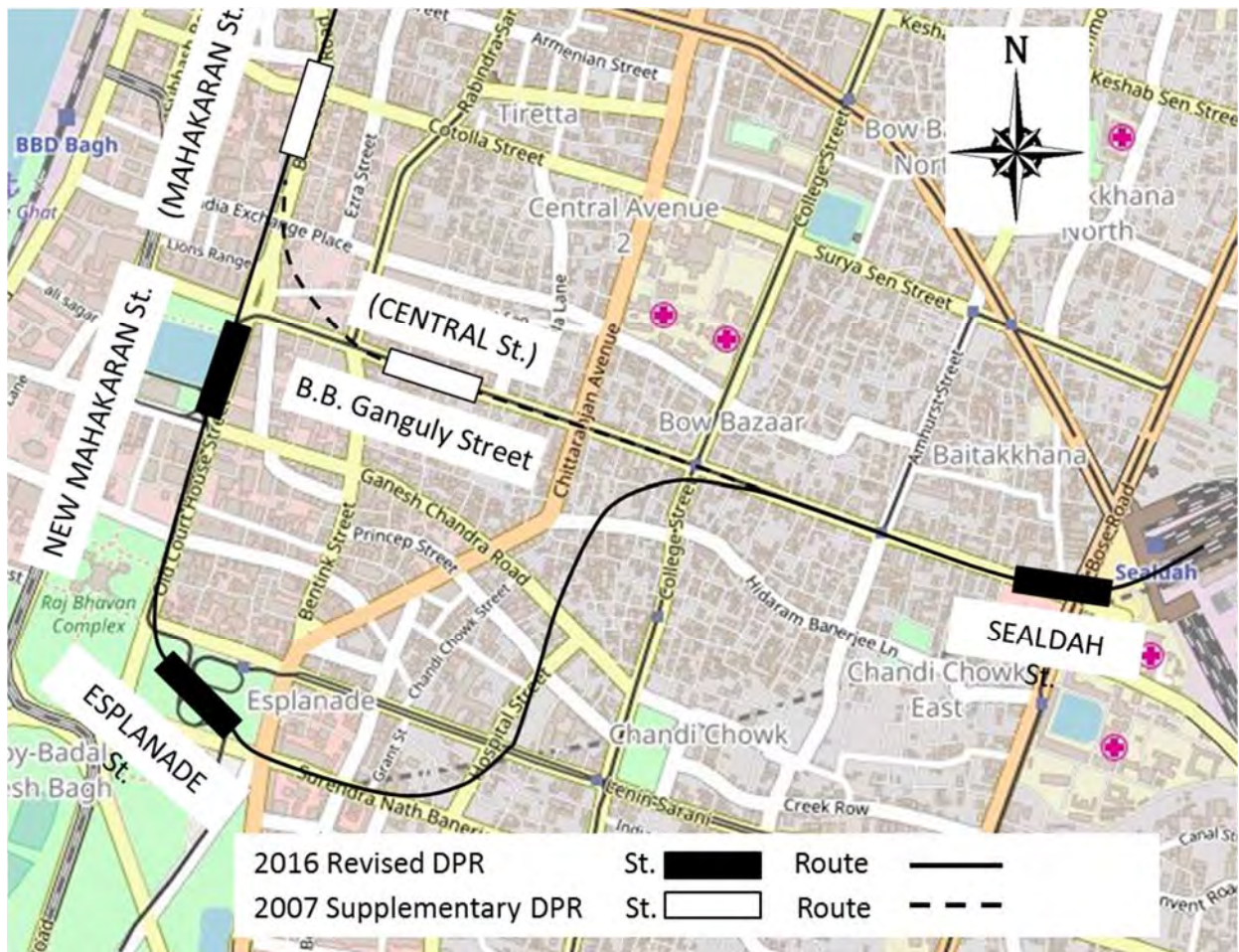
2.3 路線変更の内容

KMRCL が提出した修正 DPR では、地下区間の一部である Sealdah 駅から Mahakaran 駅間を対象とした路線変更が計画されている。この大幅な路線変更の背景には、以下に示す施工上、用地取得上の諸課題が挙げられる。

- Central 駅、Mahakaran 駅計画地が交通量の多い現道直下に計画されており、施工時の現道交通に大きな影響が生じることが懸念される。
- B.B.Ganguly 通り沿いに多くの高層ビルや歴史的建造物が連担しており、施工時の建造物への影響が懸念される。
- Central 駅、Mahakaran 駅ともに、駅躯体の幅員が現道幅に収まらないため、用地取得が必要となる。

これら諸課題を解決すべく、図 2.3.1 に示すように、既存の地下鉄南北線の Central 駅と交差するルート を南側に大きく迂回させ、同じく南北線の Esplanade 駅で交差する路線変更が計画された。また、駅計画では、Central 駅が廃止され、他の交通モードとの連結強化が期待できる Esplanade 駅を新設する一方、Mahakaran 駅は約 480m 南方に位置変更される計画である。両駅ともに公共用地内に計画されていることから、施工時の現道交通、周辺建造物への影響、および用地取得などを最小限に抑える計画がなされている。

なお、Esplanade 駅は 11.514km、Mahakaran 駅は 12.385km の位置に計画されている。また、路線変更後の総延長は、路線変更前(14.484km)より 1.590km 増加し、16.074km(地下 10.532km、地上 5.542km)となった。



出典：JICA 調査団

図 2.3.1 路線変更概要図

2.4 インド国における地下鉄事業の概要

表 2.4.1 に、インド国における供用中の主なメトロの概要を整理した。

1984 年にインド国で初めて地下鉄がこのコルカタに導入され、続いて 2002 年にデリーメトロ 1 号線（レッドライン）が供用された。その後、デリーにおいて新規路線が急速に整備され、さらにバンガロール、ムンバイ、チェンナイ等の主要都市で整備が展開された。2017 年 9 月現在、供用路線を有する都市が 7 都市、建設中の路線を有する都市が 8 都市となっている。このコルカタ地下鉄東西線は、他路線に比べると、駅数、総延長等の事業規模は比較的小さいが、地下区間の割合が大きいことが特徴といえる。軌間はインド国では 2010 以降開業の路線すべてが標準軌間 1,435mm で統一化されている。一方、電力システムは路線毎で異なっており、当路線では 750v 直流式の第三条軌道が採用されている。

表 2.4.1 供用中のメトロ一覧（インド国内）

| | Line | First Operation | Stations | | | Length (km) | | | Rail System | |
|-----------|-------------|-----------------|----------|----|-------|-------------|------|-------|-------------|-------------------------------|
| | | | UG | EV | Total | UG | EV | Total | Track Gauge | Power |
| Kolkata | N-1 | 1984Y | 15 | 9 | 24 | 17 | 11.1 | 28.1 | 1676mm | 750kv,DC,3 rd Rail |
| Delhi | Red | 2002Y | - | - | 21 | - | - | 25.1 | 1676mm | 25kv,AC-OHE |
| | Yellow | 2004Y | - | - | 37 | - | - | 49.0 | | |
| | Blue | 2005Y | - | - | 44 | - | - | 49.9 | | |
| | Green | 2010Y | - | - | 14 | - | - | 15.1 | 1435mm | 25kv,AC-OHE |
| | Violet | 2010Y | - | - | 32 | - | - | 40.3 | | |
| | Orange | 2011Y | - | - | 6 | - | - | 22.7 | | |
| Bengalure | Purple | 2011Y | 17 | 24 | 41 | 8.82 | 33.4 | 42.3 | 1435mm | 750kv,DC,3 rd Rail |
| | Green | 2014Y | | | | | | | | |
| Gurgaon | L-1 | 2013Y | 0 | 11 | 11 | 0 | 11.7 | 11.7 | 1435mm | 750kv,DC,3 rd Rail |
| Mumbai | L-1,W-E | 2014Y | 0 | 12 | 12 | 0 | 11.4 | 11.4 | 1435mm | 25kv,50hzAC |
| Jaipur | Pink | 2015Y | 0 | 9 | 9 | 0 | 9.6 | 9.6 | 1435mm | 25kv,AC-OHE |
| Chennai | Blue | 2016Y | 11 | 6 | 17 | 14.3 | 8.8 | 23.1 | 1435mm | 25kv,50hzAC |
| | B.Line Ext. | 2019Y | 2 | 6 | 8 | 2.3 | 6.7 | 9.0 | | |
| | Green | 2015Y | 9 | 8 | 17 | 9.7 | 12.3 | 22.0 | | |

出典：各メトロ公社 Web site 等を基に JICA 調査団作成

第3章 対象地域の概要

3.1 地理および行政区分

対象地域であるコルカタ（旧名称はカルカッタ）は、図 3.1.1 に示すとおり、インド東部に位置する西ベンガル州の州都である。ベンガル湾に面し、ガンジス川（現名称はガンガ川）の河口付近のデルタ地帯に位置している。

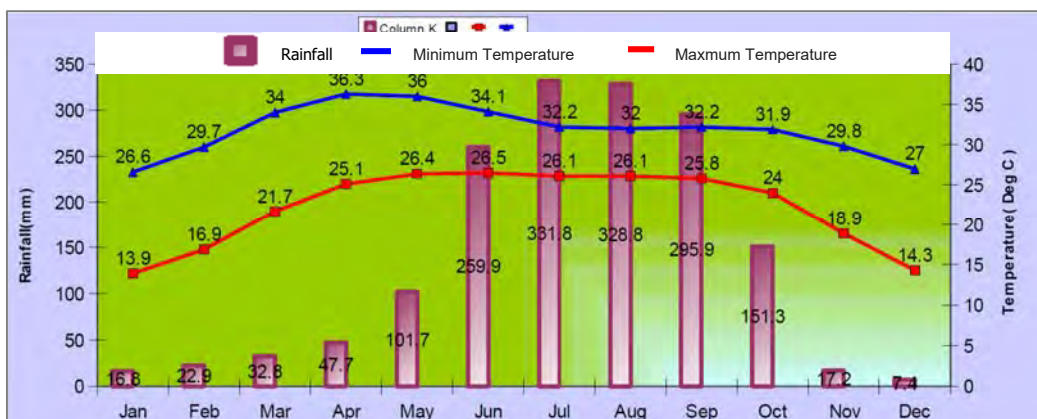
コルカタの気候区分は雨季と乾季の 2 季に区分され、さらに乾季は夏と冬の季節がある。図 3.1.2 に示すとおり、年間を通して降水量が多い時期は 6 月～9 月の 4 ヶ月間であり年間降雨量は約 1,500mm である。

19 世紀後半から 20 世紀初頭にはイギリス領インド帝国の拠点として栄え、1911 年のデリーへの遷都までインド国の首都であったため、インド国の経済・学術・文化の中心であった地域である。その町並みは、現在も旧植民地時代の伝統、面影を強く残している。コルカタの産業の中心地域であるコルカタ首都圏は、図 3.1.3 に示すとおり、4 つの自治体（Kolkata Municipal Corporation (KMC) / Howrah Municipal Corporation (HMC) / Bidhannagar Municipal Corporation (BMC) / Chandannagore Municipal Corporation(CMC)) と 38 の市自治体（Municipalities）、72 市（cities）、527 町・村（towns and villages）で構成される。コルカタ首都圏の面積は約 1,886 km² である。



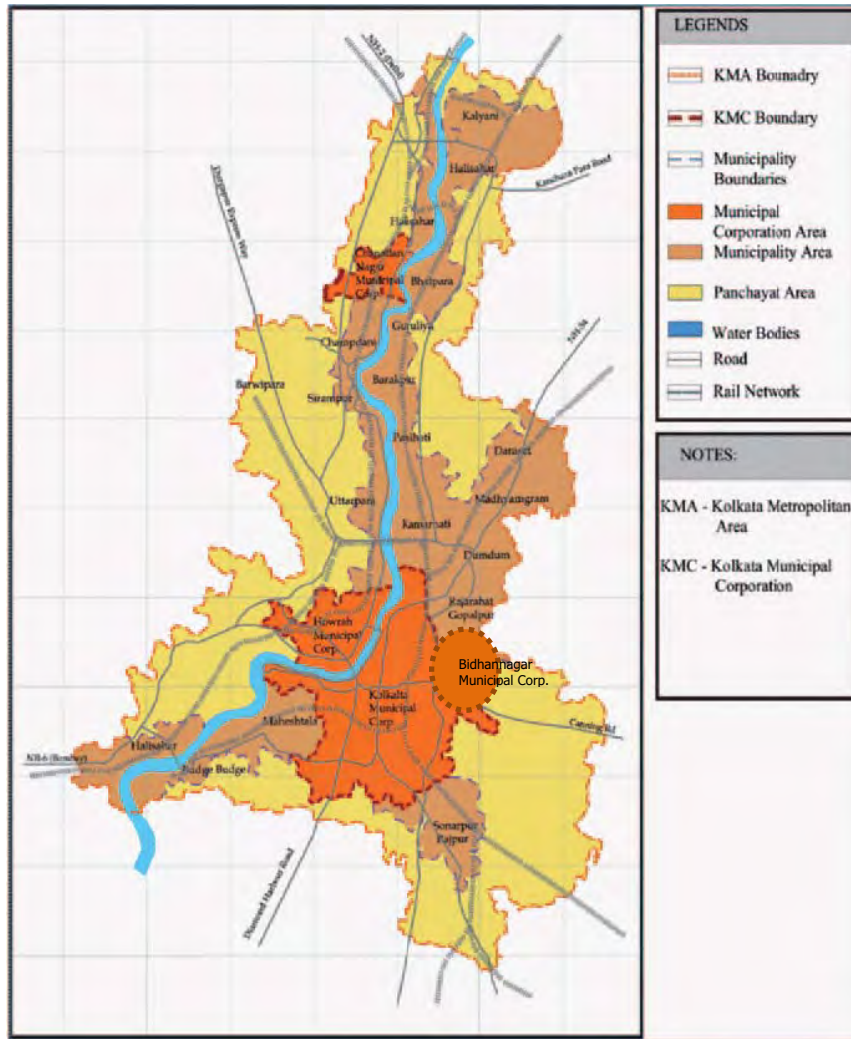
出典：Department of Information & Cultua Affairs / 2017 / Government of West Bengal

図 3.1.1 コルカタの位置



出典：Climate of Kolkata at a Glance

図 3.1.2 コルカタの年間最高気温、最低気温、降雨量



出典：Evolution of Kolkata Metropolitan Area / Kolkata Metropolitan Development Authority

図 3.1.3 コルカタ首都圏の行政区分

3.2 人口

Census India, 2011 によると、西ベンガル州の 2011 年時点の人口は約 9,127 万人であり、その 27% が都市部に居住している。

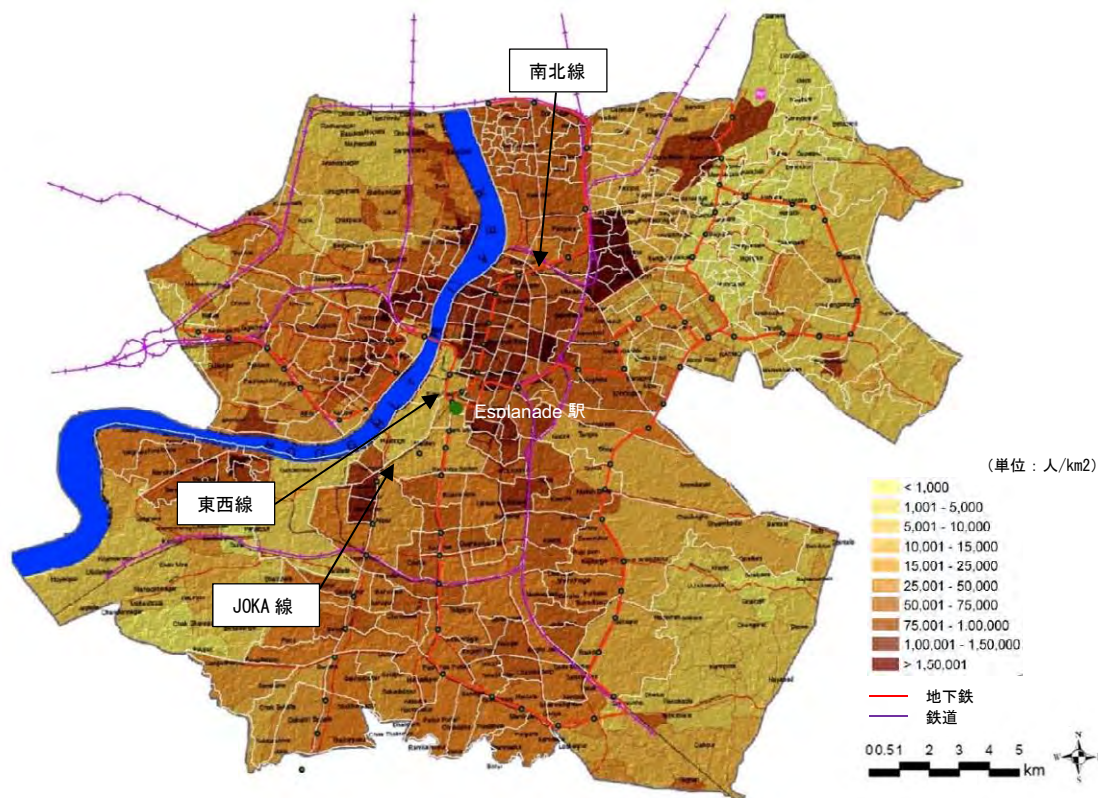
表 3.2.1 に示したとおり、コルカタ首都圏の 2011 年時点の人口は約 1,411 万人であり、インド国においては、首都デリーとムンバイに次ぐ人口規模を有している。人口密度はデリーやムンバイ以上となっており、世界有数の人口密度となっている。Kolkata Metropolitan Development Authority の需要予測（出典：KMDA Report on Vision Plan for KMA）によると 2025 年のコルカタ首都圏の人口は 2,106 万人に達する。

コルカタ全体の人口密度は約 23,900 人/km² であるが、図 3.2.1 によると、南北線に沿った Esplanade 駅の北側エリア、東西線に沿ったフーグリー川の西側エリア並びに Esplanade 駅の東側エリアは、50,000 人/km² 以上の高密度なエリアとなっている。また、Esplanade 駅の南側も人口密度の高いエリアになっている。

表 3.2.1 コルカタ市の人口推移

| 年 | 人口(人) | 増加率(%) |
|------|------------|--------|
| 1901 | 1,510,008 | 15.6 |
| 1911 | 1,745,198 | 8.0 |
| 1921 | 1,884,584 | 13.5 |
| 1931 | 2,138,563 | 69.3 |
| 1941 | 3,621,413 | 28.9 |
| 1951 | 4,669,559 | 28.1 |
| 1961 | 5,983,669 | 24.0 |
| 1971 | 7,420,300 | 23.9 |
| 1981 | 9,194,018 | 23.9 |
| 1991 | 11,021,918 | 19.9 |
| 2001 | 13,205,697 | 19.8 |
| 2011 | 14,112,536 | 7.6 |

出典：Census India 2011



出典：Census India 2011 をもとに JICA 調査団作成

図 3.2.1 コルカタの人口密度の分布

3.3 地域経済

西ベンガル州が作成した Statistical Abstract of West Bengal 2012 によると、表 3.3.1 に示すとおり、2010 年度のコルカタの産業別地域総生産のうち第一次産業の占める割合は 0.2% (606 百万ルピー)、第二次産業は 9.9% (31,381 百万ルピー)、第三次産業は 89.9% (283,476 百万ルピー) であり、第三次産業の占める割合が大きい。地域別総生産の上位を占める産業としては、行政サービス業が 57,282 百万ルピー、不動産関連サービス業が 53,052 百万ルピー、銀行・保健サービス業が 48,556 百万ルピー、鉄道等の運輸交通サービス業が 42,607 百万ルピーの順で高い。コルカタは、各種サービス業が中心となっている都市である。

表 3.3.1 コルカタの産業別地域総生産

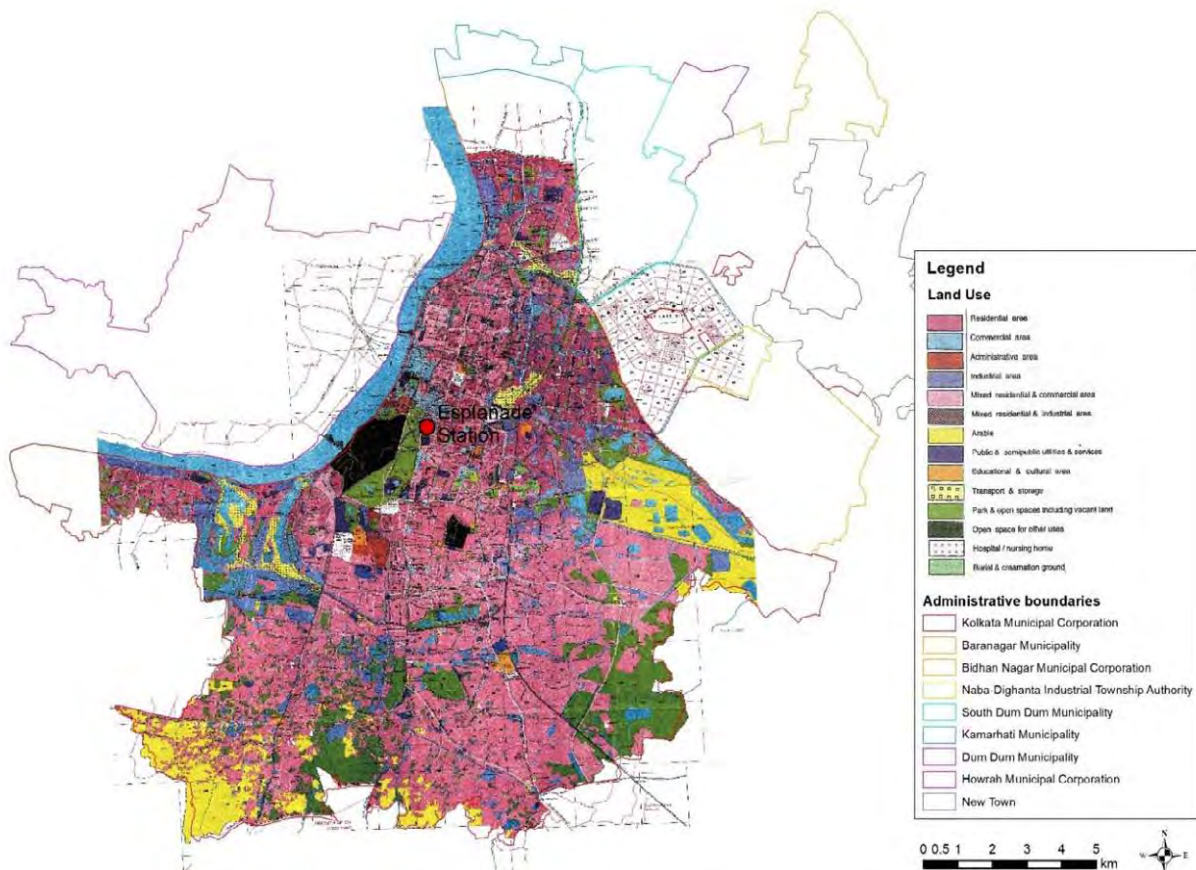
| 産業区分 | | 十万 INR |
|------|--------------|-----------|
| 一次産業 | 農業 | 6,055 |
| | 林業 | 0 |
| | 漁業 | 0 |
| 二次産業 | 建設業 | 201,770 |
| | 製造業 | 111,356 |
| | 鉱業 | 58 |
| 三次産業 | 行政 | 572,815 |
| | 不動産 | 530,522 |
| | 銀行、保険 | 485,562 |
| | 輸送、通信 | 426,071 |
| | 金融、ホテル、レストラン | 228,175 |
| | 電気、ガス、水道 | 43,415 |
| その他 | その他 | 548,199 |
| 合計 | | 3,153,998 |

出典：Statistical Abstract-2012 / West Bengal.

3.4 土地利用

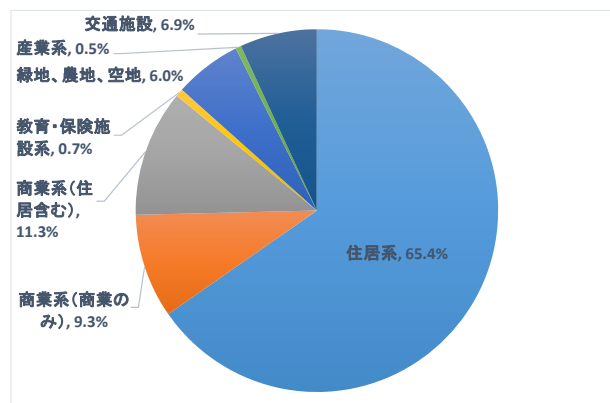
コルカタはかつてイギリスにより統治されていたため、市街地の街区の一部は基盤目状に整備され歴史的な佇まいを残す。図 3.4.1 に示すとおりコルカタの主な土地利用は住居地域である。フーグリー川沿いやフーグリー川の対岸の Howrah 地区並びにコルカタの東側地区には工業地域が集積しており、ジュート（黄麻）を主体とする綿や絹などの繊維工業地帯となっている。Esplanade 駅周辺に着目すると、住居地域の他、商業地域、業務地域（主に行政機能）、工業地域、教育・文化地域、病院等の複数の土地利用が混在しており、コルカタの経済・行政・学術文化の中心となっている。また、これらの土地利用とフーグリー川の水と緑のオープンスペースが一体となった良質な環境が形成されている。

図 3.4.2 によると、住居系土地利用の占める割合は 65.4%、商業系土地利用（住居含む）は 11.3%、商業系土地利用（商業のみ）は 9.3%となっている。



出典：NATIONAL ATLAS OF INDIA をもとに調査団作成

図 3.4.1 Kolkata Municipal Corporation (KMC) の土地利用



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.4.2 コルカタ首都圏の土地利用区分

3.5 交通状況

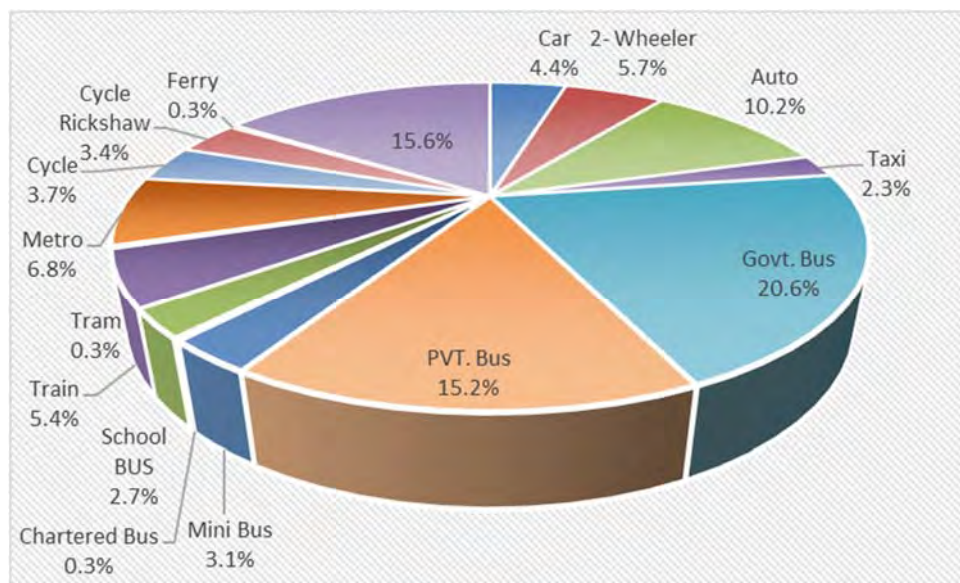
3.5.1 概要

コルカタ都市圏の成長と経済発展には交通インフラが大きな役割を果たしてきた。コルカタ都市圏の交通システムは道路、鉄道、メトロ、その他の路上公共交通機関（バス、トラム、オートリキシャ、人力車）、フェリーなどで構成されており、多くの公共交通機関があることが特徴である。

表 3.5.1 コルカタ都市圏の交通モードのシェア

| Mode | | No. of Trips | Percentage |
|--------------------|----------------|------------------|---------------|
| Vehicular Trips | Car | 390,461 | 4.4% |
| | 2- Wheeler | 511,474 | 5.7% |
| | Auto | 910,943 | 10.2% |
| | Taxi | 202,657 | 2.3% |
| | Govt. Bus | 1,834,671 | 20.6% |
| | PVT. Bus | 1,348,967 | 15.2% |
| | Mini Bus | 273,814 | 3.1% |
| | Chartered Bus | 23,326 | 0.3% |
| | School BUS | 236,372 | 2.7% |
| | Train | 481,853 | 5.4% |
| | Tram | 24,481 | 0.3% |
| | Metro | 606,202 | 6.8% |
| | Cycle | 330,936 | 3.7% |
| | Cycle Rickshaw | 306,285 | 3.4% |
| | Ferry | 30,047 | 0.3% |
| Walk Trips | | 1,386,236 | 15.6% |
| Total Trips | | 8,898,725 | 100.0% |

出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.5.1 コルカタ都市圏の交通モードのシェア

3.5.2 道路

コルカタ都市圏の道路延長は約 800km 程度であり、そのうちの約 13%に当たる 107km が主要幹線道路 (Regional Road)、約 30%に当たる 242km が幹線道路 (Arterial Road)、残りが都市内道路 (Inner Arterial Road) 及び補助幹線道路 (Sub Arterial Road) となっている (表 3.5.2)。また、幹線道路の車線数別では、全体の 49.4%が分離帯のない 2~3 車線道路、残りが分離帯のある 4 車線以上の道路となっている (表 3.5.3)。図 3.5.2 は対象地域の道路網を示したものであるが、計画的に整備された Salt Lake City 以外は不連続な道路形態となっており、渋滞を引き起こす要因となっている。

表 3.5.2 コルカタ都市圏の道路整備状況

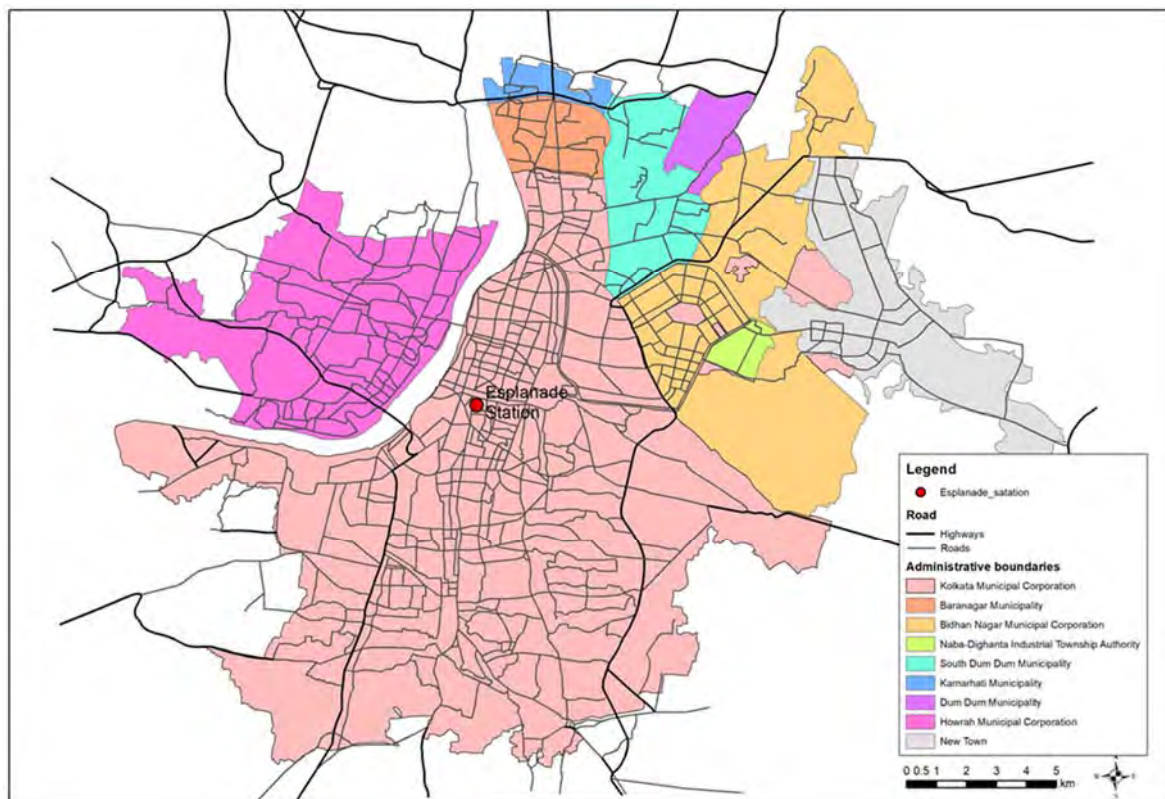
| Road Type | Road Length (km) |
|---------------------------------------|------------------|
| Regional Roads | 107 |
| Arterial Roads | 242 |
| Inner Arterial and Sub Arterial Roads | 443 |
| Total | 792 |

出典：Master Plan for traffic and Transportation in Kolkata Metropolitan area 2001-2025

表 3.5.3 コルカタ都市圏の幹線道路車線数別道路延長

| No. of Lanes | Length (km) | Percentage (%) | Divided (Length in km) | Undivided (Length in km) |
|--------------|-------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| 2 | 125.4 | 16.8 | 0.0 | 125.4 |
| 3 | 243.7 | 32.6 | 0.0 | 243.8 |
| 4 | 97.0 | 13.0 | 12.2 | 84.8 |
| 6 | 154.3 | 20.6 | 154.3 | 0.0 |
| 8 | 127.5 | 17.0 | 127.5 | 0.0 |
| Total | 748.0 | 100.0 | 294.0 | 454.0 |

出典：Traffic Survey Report by RITES, April 2017



出典：Traffic Survey Report by RITES, April 2017 JICA をもとに JICA 調査団作成

図 3.5.2 コルカタ都市圏中心部現況道路ネットワーク

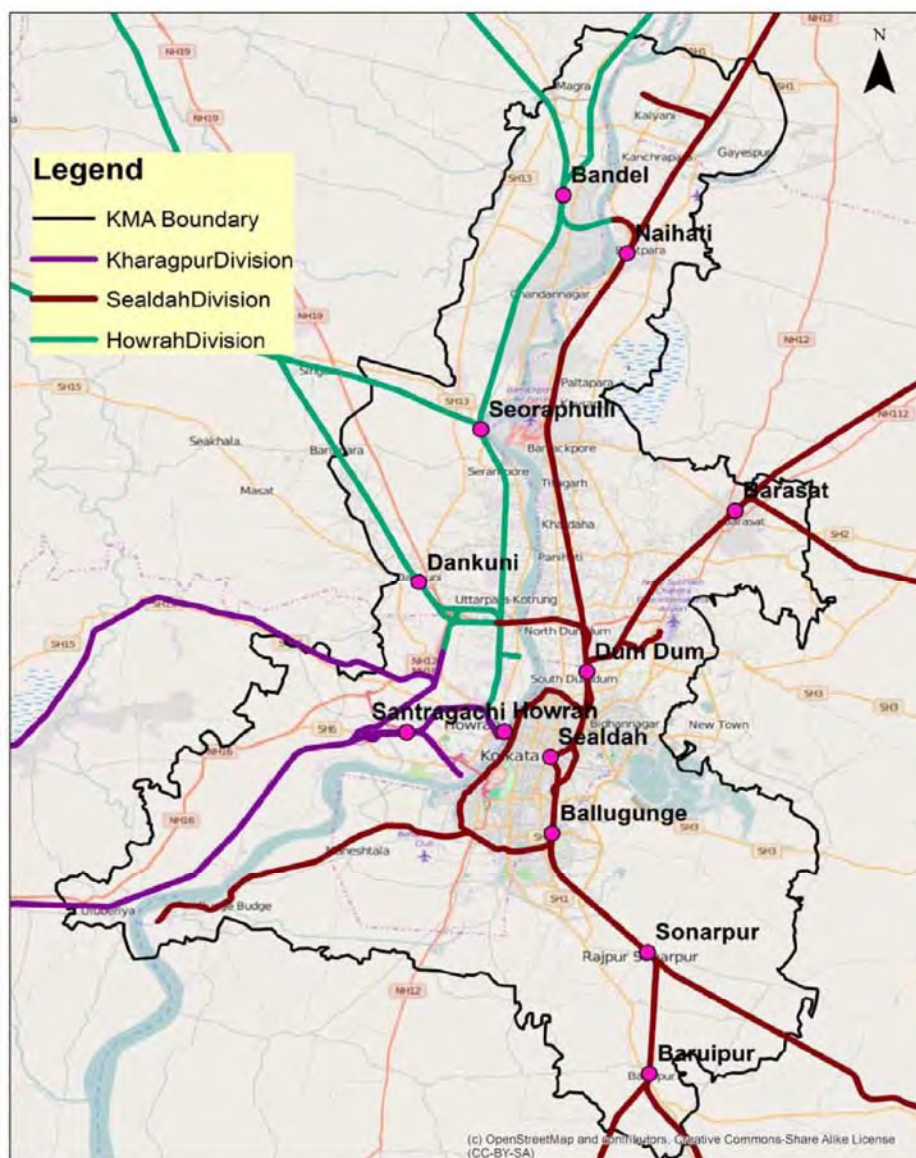
3.5.3 鉄道

コルカタ都市圏における鉄道路線はインド国鉄によって運営されており、Howrah 地区と Sealdah 地区を管理する東部鉄道区と、Kharagpur 地区を管理する南東部鉄道区の 2 つが存在している（図 3.5.3）。都市圏内には 102 の駅が 2~2.5km 間隔で整備されているが、最も乗降客数の多いのは Howrah 駅と Sealdah 駅である。

3.5.4 地下鉄

現在、コルカタ市には 1984 年にインド国で最初に整備された延長 27.22km の地下鉄南北線が、Noapara から Kavi Subhash まで 24 駅で運行している（図 3.5.4）。この路線は、インド国鉄東部鉄道区の管轄下にある Metro Railway Kolkata（MRK）によって運営されている。

1 日当たりの利用者数は、2016 年度で約 54 万人となっており、過去 3 年間の推移で見ると、毎年増加している（表 3.5.4）。しかし、収支を見ると、毎年 30 億ルピー前後の支出超過となっており、経営は厳しい状況である（表 3.5.5）。



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.5.3 近郊鉄道ネットワーク

表 3.5.4 コルカタ地下鉄南北線旅客数の推移

| 年度 | 旅客数 (千人/年) | 旅客数 (人/日) |
|------|------------|-----------|
| 2014 | 183,141 | 501,800 |
| 2015 | 191,637 | 525,000 |
| 2016 | 197,197 | 540,300 |

出典：MRK

表 3.5.5 コルカタ地下鉄南北線収支状況

(単位：Cr. INR)

| | 年度 | | |
|------------|---------|---------|---------|
| | 2014 | 2015 | 2016 |
| 収入 | | | |
| 運賃収入 | 171.77 | 179.59 | 187.14 |
| 運賃外収入 | 23.62 | 26.56 | 27.60 |
| 収入計 (A) | 195.39 | 206.15 | 214.74 |
| 支出 | | | |
| 運営費 | 292.69 | 304.24 | 375.39 |
| その他支出 | 203.00 | 186.00 | 183.00 |
| 支出計 (B) | 495.69 | 490.24 | 558.39 |
| 経営収支 (A-B) | -300.30 | -284.09 | -343.65 |

出典：MRK



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

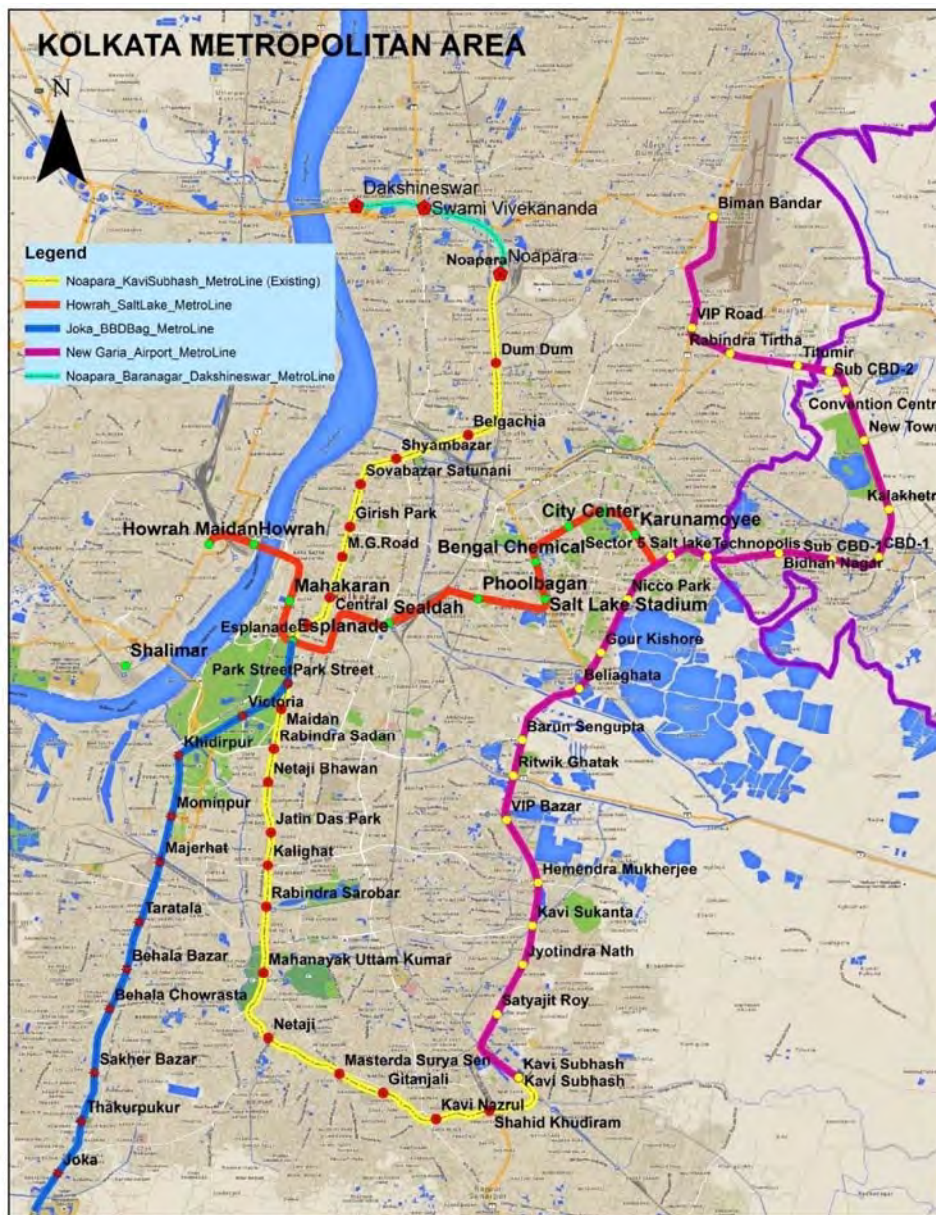
図 3.5.4 地下鉄ネットワーク

コルカタ都市圏では、既存の南北線の他に 4 つの新規路線が計画されている（表 3.5.6、図 3.5.5）。その一つは本事業の東西線（15.65km）であるが、その他に Joka 線（15.07km）、空港線（29.86km）、南北線延伸（6.23km）等が計画されている。南北線の延伸以外は 2020 年の開業が予定されているが、空港線以外は遅れ気味である。

表 3.5.6 新規メトロプロジェクト一覧

| No | From | To | No. of Stations | Route Length (km) | Expected year of operation |
|----|---------------|--------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | Howrah Maidan | Salt Lake Sector V | 12 | 15.65 | 2020 (under Construction) |
| 2 | Joka | BBD Bag/Park Street | 13 | 15.07 | 2020 (under Construction) |
| 3 | Airport | New Garia (Kavi Subhash) | 24 | 29.86 | 2020 (under Construction) |
| 4 | Noapara | Dakshineswar | 3 | 6.23 | Under Planning |

出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)



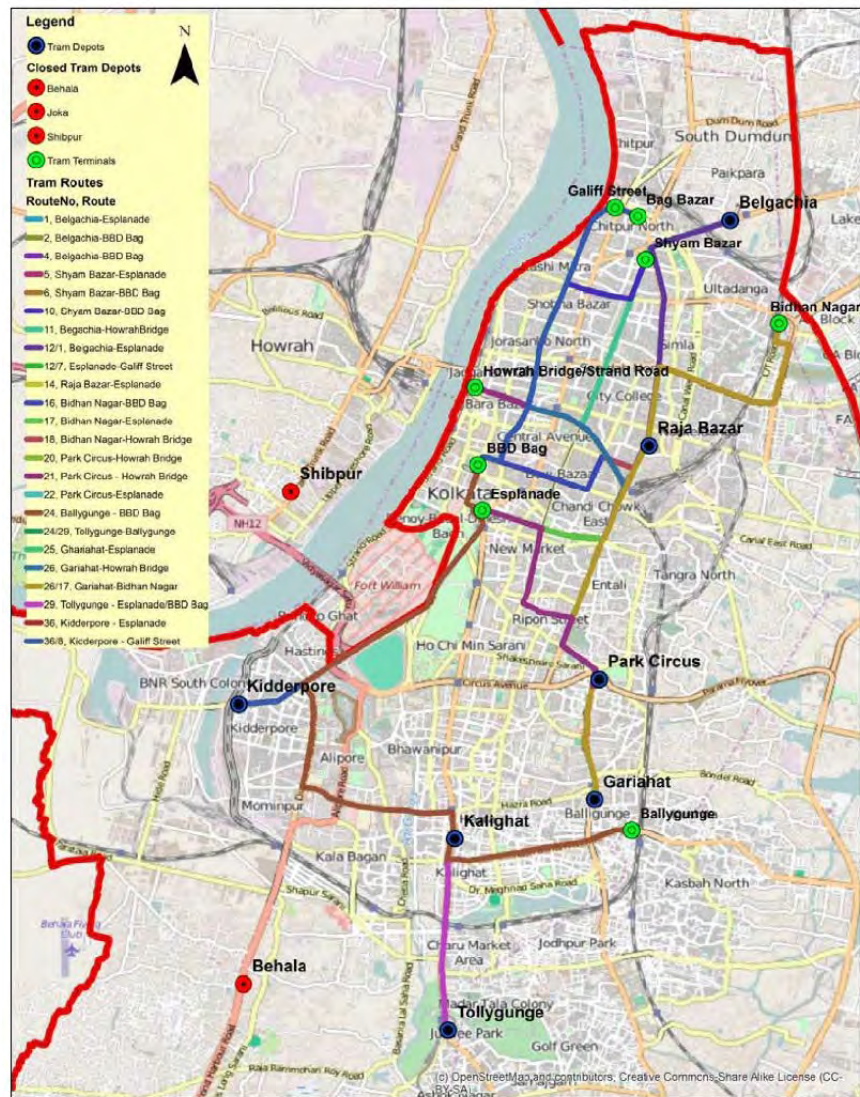
出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.5.5 新規地下鉄プロジェクト

3.5.5 トラム

トラムは Calcutta Tramways Company (Limited)によって 24 路線、総延長 57.17km、151 車両で運行されている。そのうち 3.2km はトラム専用車線となっているが、その他の区間は他の交通機関と同じ道路空間を利用しており、道路混雑の一因となっている。現在のトラムの路線網を図 3.5.6 に示す。コルカタ都市圏には 10 カ所の車両基地（現在は 5 カ所のみで稼働）、8 カ所のターミナルが立地している。Howrah 地区においても以前はトラムが運行されていたが現在は廃止されている。

運行は朝の 4:30 から夜の 11:00 までとなっており、平均 15 分間隔で運転されている。車両定員は 120 人（2 両編成）、料金は 5～6 ルピーである。



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.5.6 トラムネットワーク

表 3.5.7 トラム施設及び運行状況

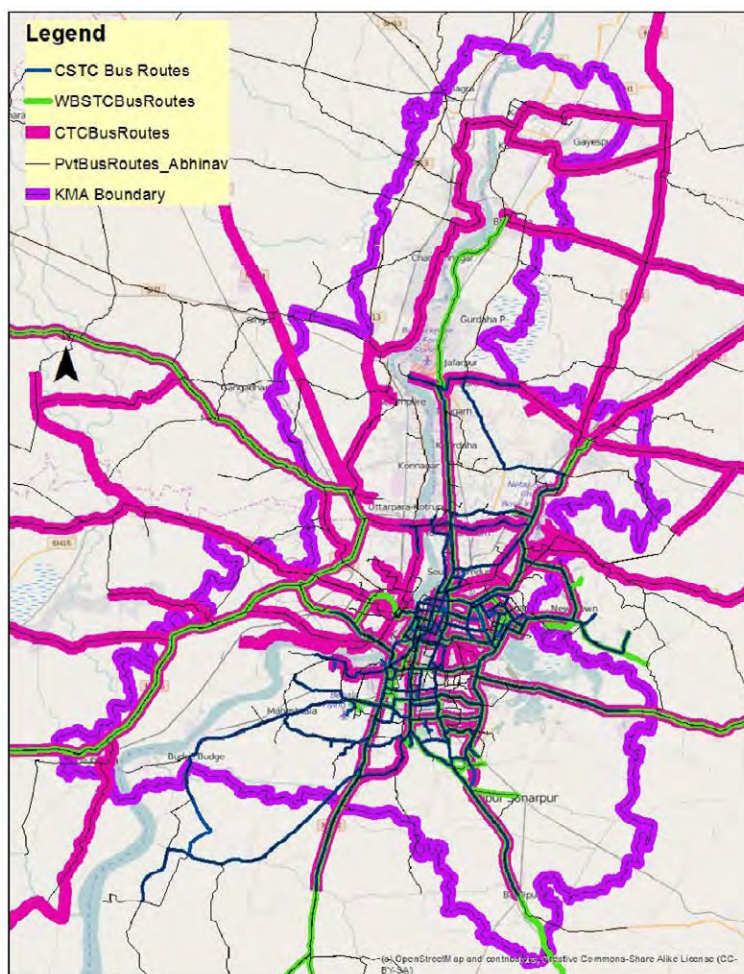
| | |
|-------|--|
| 路線数 | 24 |
| 総延長 | 57.17km (Track out of which about 3.2 km are reserved for Tram movement exclusively) |
| 車両数 | 151 |
| 車両基地 | Belgachia, Raja Bazar, Park Circus (operations temporarily closed for construction & maintenance), Gariahat, Tollygunge, Khidderpore, Kalighat (operations temporarily suspended), Behala (permanently closed), Joka (permanently closed) and Shibpur (permanently closed) |
| ターミナル | Bidhan Nagar, Galiff Street, Shyambazar, Bagbazar, Esplanade, B.B.D. Bag, Ballygunje and Strand Road Flyover |
| 運行頻度 | Average frequency of 15 mins and maximum frequency of 30 mins |
| 運行時間 | 4:30 AM in the morning to 11:00 PM in the evening |
| 車両容量 | 2 compartments with a total passenger seating capacity of 54 and total capacity of 120 passengers |
| 料金 | INR 5.00 to 6.00 |

出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

3.5.6 バス

コルカタ都市圏のバスは5つの公営バス会社と多くの民営バス会社によって運営されている。表 3.5.8、図 3.5.7にコルカタ都市圏のバスサービスの状況及び路線図を示す。路線数は全部で925路線あり、そのうち 234 路線 (25%) は CSTC、CTC、WBSTC のような市営バスによって運行されている。134 路線 (14%) は NBSTC 及び SBSTC によって運行されている中長距離バス路線である。残りの 557 路線 (60%) は民間によって運行されている。

長距離バスサービスは Howrah と Esplanade の 2 つが主要なターミナルであるが、最近、Santragachi にも新しいターミナルが整備された。Santragachi は、そこまでコルカタ東西地下鉄の延伸が計画されている箇所である。



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 3.5.7 コルカタ都市圏バス路線網

表 3.5.8 コルカタ都市圏バスサービスの概要

| No | 会社名 | 公営/民営 | 路線数 | 車両数 |
|-------|---|---------|-----|--------|
| 1 | Calcutta State Transport Corporation (CSTC) | Govt | 110 | 808 |
| 2 | Calcutta Tramway Company (CTC) | Govt | 84 | 345 |
| 3 | West Bengal Surface Transport Corporation (WBSTC) | Govt | 40 | 3131 |
| 4 | North Bengal State Transport Corporation (NBSTC) | Govt | 30 | 79 |
| 5 | South Bengal State Transport Corporation (SBSTC) | Govt | 104 | 241 |
| 6 | Kolkata RTA | Private | 303 | 5,583 |
| 7 | Howrah RTA | Private | 111 | 1,672 |
| 8 | North24 Parganas RTA | Private | 53 | 1,150 |
| 9 | South24 Parganas RTA | Private | 27 | 356 |
| 10 | Nadia RTA | Private | 6 | 112 |
| 11 | Hooghly RTA | Private | 49 | 882 |
| 12 | STA (West Bengal) | Private | 8 | 80 |
| Total | | | 925 | 11,621 |

出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

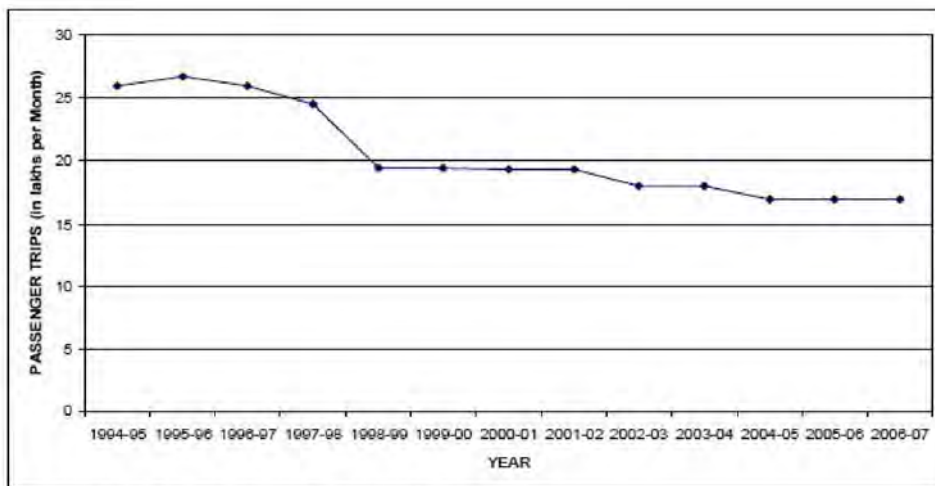
3.5.7 フェリー

フーグリー川を利用したフェリーサービスも WBSTC 等によって運営されている。主要な路線及び乗船場は図 3.5.8 に示す通りであるが、これらも併せて 19 路線が運行されている。2000 年代には月当たり 170~190 万人（日当たり 6 万人前後）が利用していたが（図 3.5.9 参照）、現在は日当たり約 3 万人が利用している（表 3.5.1 参照）。



出典：Traffic Survey Report by RITES, April 2017

図 3.5.8 現況フェリーネットワーク



Source: Traffic and Transport Department, GoWB, 2008

注：Traffic Survey Report by RITES, April 2017 でも記載されている。

図 3.5.9 フェリー利用者数の推移

3.5.8 Esplanade 駅の利用状況

(1)日交通量とピーク時間交通量

表 3.5.9 および表 3.5.10 はそれぞれ既存の南北線の Esplanade 駅における 2017 年の日交通量とピーク時間交通量である。乗車と降車合わせて 85,023 人/日の利用者があり、そのうち 46.5%が乗車客である。18:00 から 19:00 までの間のピーク時間における利用者数は 9,347 人で、日交通量の 10.99%を占める。Esplanade 駅はニュー・マーケットエリアに位置し、この地域のビジネス・アワーの特性から、他と異なる交通行動特性が現れる駅となっている。

すなわち、このエリアの特徴として、多くの店舗は午前中遅い時間に開店するが、取引の多くは午後遅くや夕方に行われ、また夜間は露店や屋台で多くの人でにぎわっている。これにより、交通量は午後に多くなっている。

表 3.5.9 2017 年 Esplanade 駅の 1 日あたり乗降客数 (2017 年)

| 1 日あたり乗車客数 (人/日) | 1 日あたり降車客数 (人/日) | 1 日あたり総利用者数 (人/日) | 総利用者数のうち乗車客割合(%) | 総利用者数のうち降車客割合(%) |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 39,855 | 45,576 | 85,023 | 46.52% | 53.48% |

出典: JICA 調査団

表 3.5.10 Esplanade 駅のピーク時間利用者数 (2017 年)

| 乗車客数 (人/時) | 降車客数 (人/時) | 乗降客合計 (人/時) | 乗車客割合 | 降車客割合 | ピーク時間利用者数の日間総利用者数に占める割合 |
|------------|------------|-------------|-------|-------|-------------------------|
| 4,884 | 4,463 | 9,347 | 52.3% | 47.7% | 10.99% |

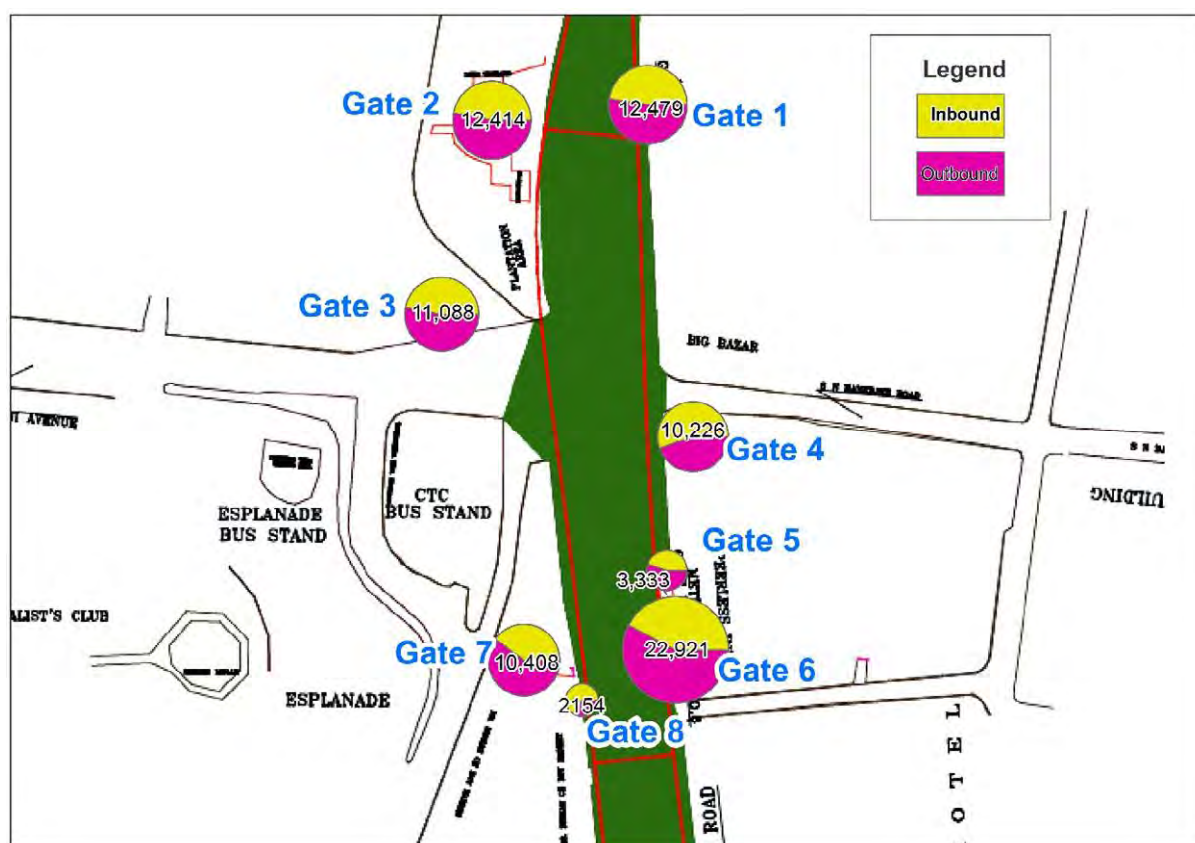
出典: JICA 調査団

既存の南北線の Esplanade 駅には 8 か所の出入り口があり、1 日の利用者数およびピーク時利用者数は表 3.5.11、表 3.5.12 および図 3.5.10、図 3.5.11 に示すとおりそれぞれの出入り口でバラつきが大きい。この違いはそれぞれの出入り口の土地利用特性によるものと考えられる。

表 3.5.11 出入り口別 Esplanade 駅の日当たり利用者数 (2017)

| 出入り口 Gate No. | 1日あたり 乗車客数(人/日) | 1日あたり 降車客数(人/日) | 1日あたり 利用者数(人/日) |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Gate 1 | 5,954 | 6,525 | 12,479 |
| Gate 2 | 5,839 | 6,575 | 12,414 |
| Gate 3 | 5,229 | 5,859 | 11,088 |
| Gate 4 | 5,680 | 4,546 | 10,226 |
| Gate 5 | 1,504 | 1,829 | 3,333 |
| Gate 6 | 9,723 | 13,198 | 22,921 |
| Gate 7 | 4,153 | 6,255 | 10,408 |
| Gate 8 | 1,456 | 698 | 2,154 |
| 合計 | 39,538 | 45,485 | 85,023 |

出典: JICA 調査団



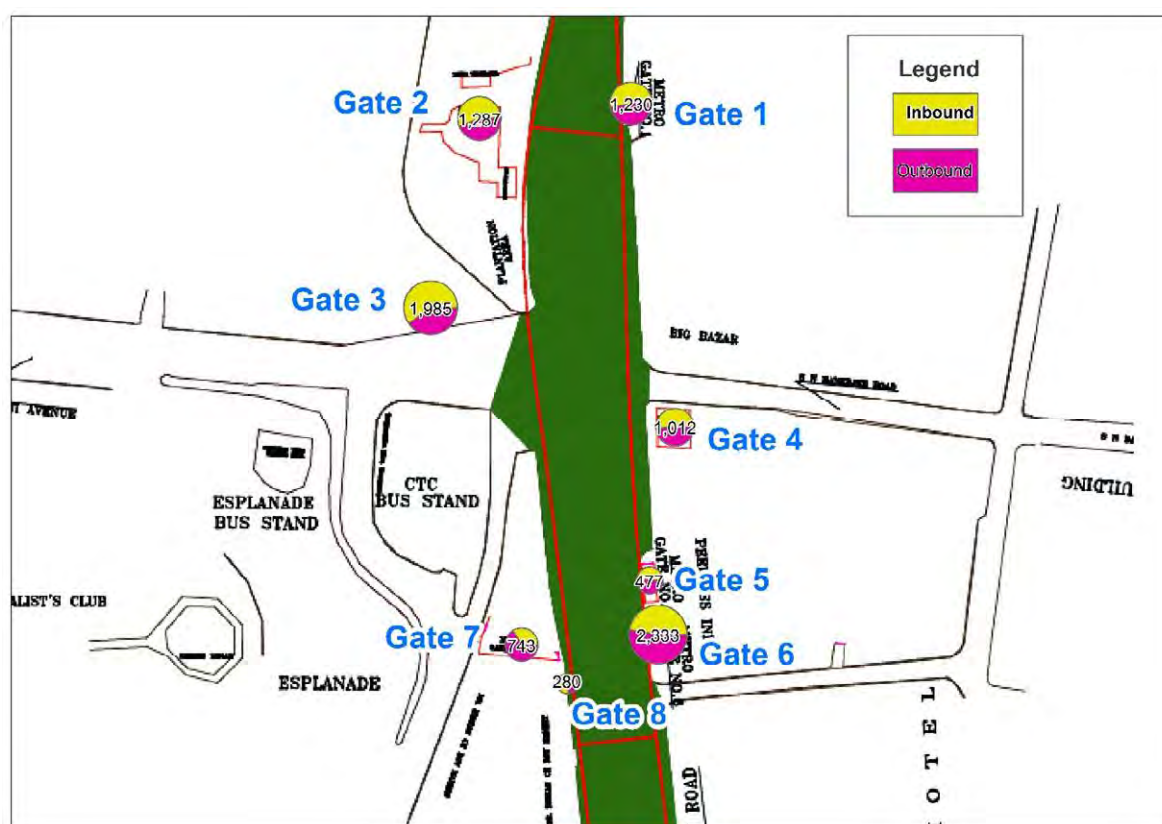
出典: JICA 調査団

図 3.5.10 Esplanade 駅の出入り口別日利用者数 (2017 年)

表 3.5.12 Esplanade 駅の出入り口別ピーク時利用者数 (2017 年)

| 出入り口 Gate No. | ピーク時乗客数 (人/時) | ピーク時降客数 (人/時) | ピーク時乗降客数 (人/時) |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Gate 1 | 655 | 575 | 1,230 |
| Gate 2 | 720 | 567 | 1,287 |
| Gate 3 | 1,192 | 793 | 1,985 |
| Gate 4 | 517 | 495 | 1,012 |
| Gate 5 | 222 | 255 | 477 |
| Gate 6 | 1,109 | 1,224 | 2,333 |
| Gate 7 | 251 | 492 | 743 |
| Gate 8 | 218 | 62 | 280 |
| 合計 | 4,884 | 4,463 | 9,347 |

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.5.11 Esplanade 駅の出入り口別ピーク時利用者数 (2017 年)

(2) Esplanade 駅の交通分布の現況

以下の表 3.5.13 および図 3.5.12 は、Esplanade 駅を起点または終点とする 1 日当たりの乗客数と降客数を示したものである。これによると、Esplanade 駅における乗降客数は Dum Dum 駅を起点・終点とするものが最も多く、次いで順番に Sova Bazar 駅、Mahanayak Uttam Kr. 駅、Kalighat 駅を起点または終点とするものが多くなっている。現状では上の 4 駅で Esplanade 駅の総利用者数の 45% を占めている。Dum Dum 駅が 20.3% と、二番目に多い Sova Bazar 駅の 10.4% に比べても特に大きなシェアを占めているのは都市鉄道との乗換駅となっているためである。これらシェアの大きい駅の位置から推察すると、一般的に地下鉄はより遠くの駅を起点・終点とする乗客に利用されることが多いと考えられる。

表 3.5.13 乗降駅別の Esplanade 駅の 1 日あたり利用者数 (2017 年)

| 駅名 | 合計 | | 駅名 | 合計 | |
|-------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | 行先別 利用者数 (人/日) | 行先別 利用者割合 (%) | | 行先別 利用者数 (人/日) | 行先別 利用者割合 (%) |
| Noapara | 1,372 | 1.6 | Park Street | 2,553 | 3.0 |
| Dum Dum | 17,236 | 20.3 | Maidan | 1,858 | 2.2 |
| Belgachhia | 1,717 | 2.0 | Rabindra Sadan | 2,715 | 3.2 |
| Shyam Bazar | 2,173 | 2.6 | Netaji Bhavan | 2,881 | 3.4 |
| Sova Bazar | 8,805 | 10.4 | Jathin Das Park | 4,611 | 5.4 |
| Girish Park | 2,537 | 3.0 | Kalighat | 5,845 | 6.9 |
| MG Road | 2,204 | 2.6 | Rabindra Sarobar | 4,196 | 4.9 |
| Central | 3,491 | 4.1 | Mahanayak Uttam Kr. | 6,582 | 7.7 |
| Chadni Chak | 679 | 0.8 | Netaji | 1,546 | 1.8 |
| 小計 (南方面) | 40,214 | 47.3 | Masterda Surya Sen | 1,504 | 1.8 |
| | | | Gitanjali | 851 | 1.0 |
| | | | Kavi Nazrul | 4,779 | 5.6 |
| | | | Shahid Khudiram | 1,055 | 1.2 |
| | | | Kavi Subhas | 3,833 | 4.5 |
| | | | 小計 (北方面) | 44,809 | 52.7 |
| | | | 合計 | 85,023 | 100.0 |

出典: JICA 調査団

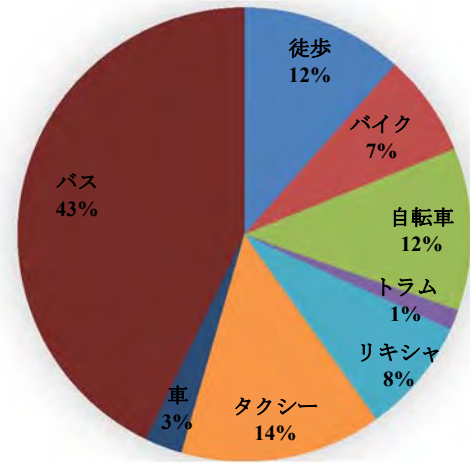


出典: JICA 調査団

図 3.5.12 乗降駅別の Esplanade 駅の 1 日あたり利用者数 (2017 年)

(3) Esplanade 駅へ/からの接続交通モード

図 3.5.13 は、Esplanade 駅利用者の行き帰りの接続交通モードを示した図である。最も割合が高いのがバス、次いでタクシー、徒歩の順となっている。バスの割合が高いことは Esplanade バスターミナルの存在も関係していると考えられる。この結果はどのように二つの交通モードが接続されているかも示している。



出典: JICA 調査団

図 3.5.13 Esplanade 駅へ/からの接続交通モード

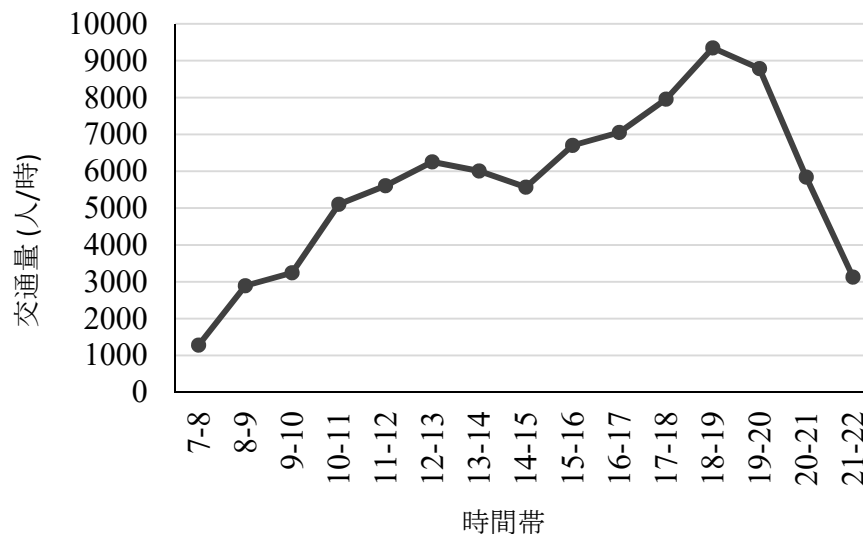
(4) 一日の時間帯別の交通量パターン

表 3.5.14 および図 3.5.14 は、Esplanade 駅における時間帯ごとの交通量の変動を示している。これによると、午前中には緩やかなピークが来るものの、一番大きなピークは午後にくることが分かる。これは Esplanade 駅周辺の商業活動のピークが午後または夜に来るからであると考えられる。(1)において述べたとおり、駅周辺のニュー・マーケットエリアの店舗はおおむね午前遅くに開店するが、ほとんどの取引は午後遅くから夕刻にかけて行われ、夜は露店や屋台で多くの人で賑わっている。

表 3.5.14 Esplanade 駅における時間帯ごとの交通量変動

| Time | Passengers (人/時) | Time | Passengers (人/時) |
|-------|------------------|-------|------------------|
| 7-8 | 1,280 | 15-16 | 6,703 |
| 8-9 | 2,894 | 16-17 | 7,055 |
| 9-10 | 3,243 | 17-18 | 7,959 |
| 10-11 | 5,104 | 18-19 | 9,347 |
| 11-12 | 5,609 | 19-20 | 8,787 |
| 12-13 | 6,254 | 20-21 | 5,842 |
| 13-14 | 6,006 | 21-22 | 3,127 |
| 14-15 | 5,570 | | |

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.5.14 Esplanade 駅における時間帯ごとの交通量変動

3.6 関連計画の整理

3.6.1 関連上位計画

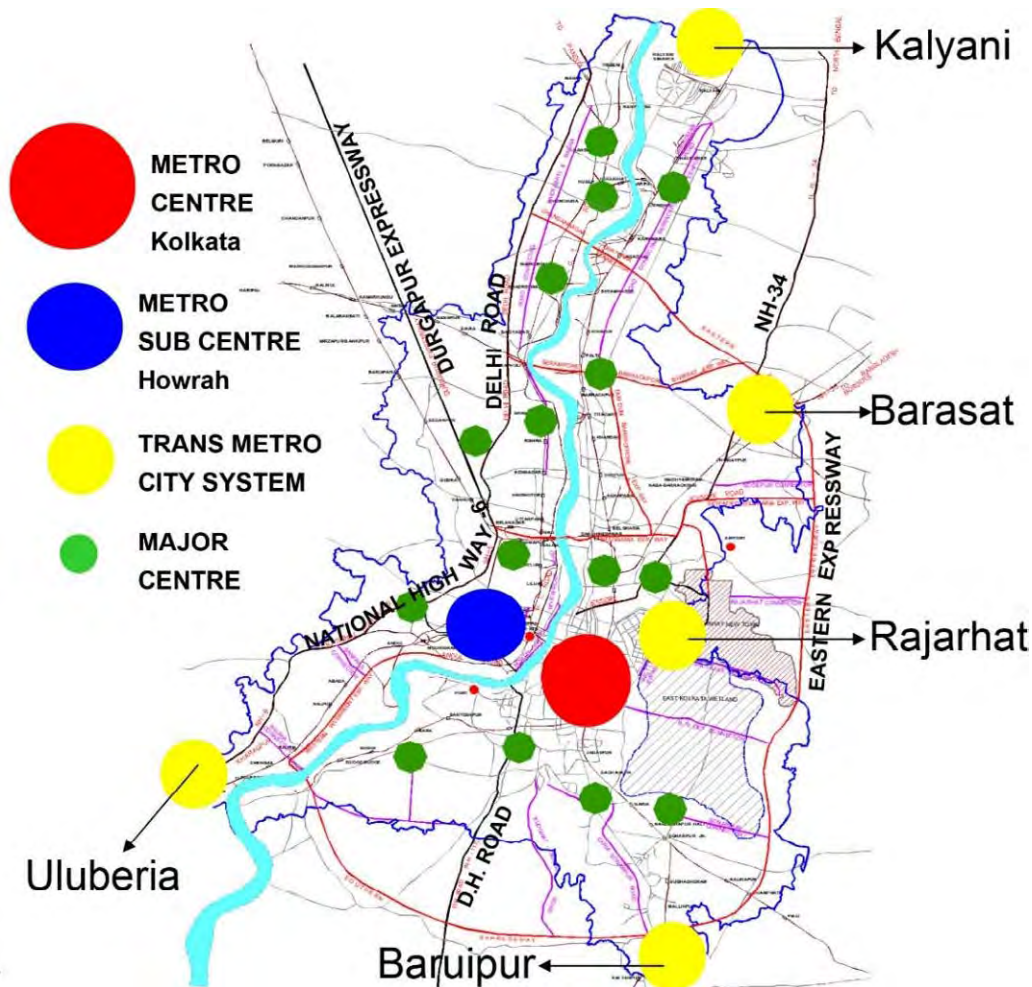
本コルカタ地下鉄東西線の整備計画を実施するにあたって、関連する上位計画等との政策レベルでの整合性や開発計画との技術的な相互連携などについて確認した。以下に示す通り、特に関連性の高い計画について、その関係開発提案や戦略等を整理した。確認を行った計画は以下のものである。

- MASTER PLAN FOR TRAFFIC AND TRANSPORTATION IN KOLKATA METROPOLITAN AREA - KMDA (2001)
- DETAILED PROJECT REPORT FOR METRO CORRIDORS IN KOLKATA - JOKA TO BBD BAG (2010)
- CITY DEVELOPMENT PLAN (CDP) KOLKATA, 2001-2025
- PERSPECTIVE PLAN OF KOLKATA METROPOLITAN AREA, 2005
- COMPREHENSIVE MOBILITY PLAN (CMP) KOLKATA, 2001-2025
- DETAILED PROJECT REPORT FOR EAST WEST METRO CORRIDOR, KOLKATA (2004)
- DETAILED PROJECT REPORT FOR KOLKATA EAST-WEST METRO CORRIDOR FROM SALT LAKE SECTOR V TO HOWRAH MAIDAN VIA ESPLANADE ON RE-ALIGNED ROUTE (2010)

(1) MASTER PLAN FOR TRAFFIC AND TRANSPORTATION IN KOLKATA METROPOLITAN AREA - KMDA (2001)

このマスタープランは、KMDAがコルカタ都市圏（KMA）の交通および輸送網整備に向け2001年から2025年までを目標年次として、大量輸送システムと交通ネットワークの改善に向け関連する多くの計画を策定し取り纏めたものである。この計画の中で以下に示すものは、特に本東西線整備に関係の深いものである。

- 既存メトロ線の Tollyganj から Thakurpur、コルカタ南部の Behala の MG Road を経由して Joka への延長計画
- 市内における将来の LRT 整備に向けた実施可能性調査（BL Road の Shambazar—Dunlop Bridge 間、EM Bypass 沿い、BK Expressway—Dumdum Barrackore Expressway 間、Howrah の Foreshore Road 沿い、Joka までの DH Road、Kavi Nazrul Islam Avenue 沿い）
- NSI 空港、Rajarhat、Garia、Thakurpur および Kona 周辺地区の交通を賄うバスターミナルを外環道路に沿って整備する計画
- KMA 圏内にある仮設のフェリー栈橋を本設の栈橋にかけ替える整備計画
- Nagar Bazar、Bengal Chemical、Santoshpur、Jadavpur、Chetla および Behala へのローカルバスルートと都市間運行バス、および環状道路周辺地区のサービスを行うバスターミナルの中間環状道路沿いでの整備計画
- コルカタ市中心部を形成する Shyambazar、Ultadanga、Karunamoyee、Sealdah、Ballygani、New Alipur、Khiddirpur、Botanical Garden、Salkia (Howrah)、Dumdum Station、Shalimar (Howrah) および Vidyasagar 地区で運行されているバス、ミニバスのためのバスターミナルを内環状道路沿いで整備する計画



出典：Master Plan for Traffic and Transportation in Kolkata Metropolitan Area (by KMDA)

図 3.6.1 コルカタ都市圏での空間計画の広がり

(2) DETAILED PROJECT REPORT FOR METRO CORRIDORS IN KOLKATA - JOKA TO BBD BAG (2010)

この開発調査は Rail Vikas Nigam Limited (以下、RVNL) が現地コンサルタントである RITES Ltd. に行わせた調査である。RVNL はインド国鉄によりコルカタ地下鉄のネットワークに新たな路線を整備するための実施責任機関として指定された組織である。Joka-BBD Bag Metro 線は、総延長 16.72km、13 駅が計画され、Joka、Thakurpukur、Sakher、Bazar、Behala、Chowrasta、Taratala、Mejerhat、Mominpur、Khidderpore、Victoria、Park Street、Esplanade および BBD Bag を接続する計画である。東西線のルート見直しによる Mahakaran—Esplanade—Sealdah 間の駅位置変更により、BBD Bag 駅がキャンセルされ Joka 線も Esplanade が終点駅となった。

調査の中では、2010 年に同路線沿線で 45 万人／日の利用者が見込まれ、さらに 2015 年に約 50 万人／日、2020 年に 56 万人／日、2025 年に 62 万人／日、そして 2035 年には 67 万人／日まで増加することが見込まれている。Joka 線では終点駅が BBD Bag から Esplanade に変わったことから、利用者数予測を見直す必要がある。現在 Joka—Majerhat 間の工事が行われている。

(3) City Development Plan (CDP) KOLKATA, 2001-2025

この計画において交通セクターの開発では、KMA における交通手段の中核は鉄道、道路および河川による交通の整備・強化を基本としている。過去 30 年間では他の交通分野に対する投資が行われてきたが、これらの投資は各交通機関に対する開発に向けたものであり、総合的な交通システムや交通機関の間での連携を図るものとしての開発投資ではなかった。よって、開発の実施の中でより効果のあ

る調整を図り様々な交通モードの連携を図る必要がある。交通システムの連携により、それぞれが競合することなく互いに補完し合うシステム作りの必要性が示されている。

KMA の都市交通政策は「都市圏における統合された交通ネットワークを確立し、KMA の域内と後背地を含めた大きな地域で人と物の流れが生まれる。この需要を満たすべく 2025 年までの将来シナリオを確立すべきである」としている。特に考慮すべき項目として以下のものが挙げられている。

1. それぞれの交通モードと関連するコンポーネントを含む段階的な開発に向けた特別な優先化や提言も含めた統合交通ネットワーク計画
2. 大都市におけるバランスのとれた都市開発
3. 安全で、安価で、早い交通システムの実現
4. 既存の交通インフラの最適活用
5. 過半の利用者の要望事項を重点化し最適な快適性の提供
6. 省エネと環境保護

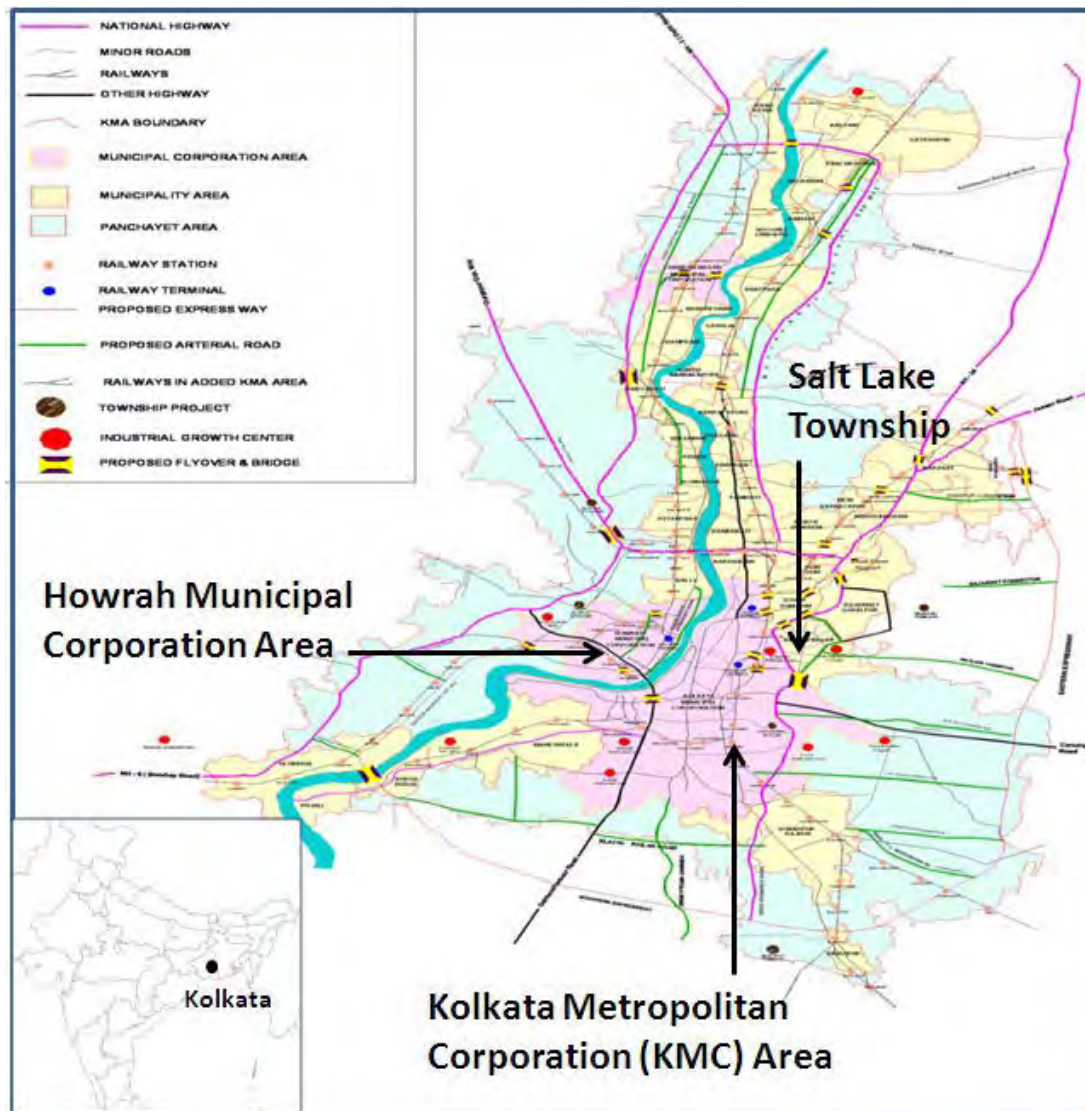
(4)PERSPECTIVE PLAN OF KOLKATA METROPOLITAN AREA, 2005

この計画は、2025 年には人口 21 百万人を超える KMA の都市の「ビジョン 2025」を構想したものである。計画では、持続的な生活の質の改善を目指している。更にここでは、すべての人やコミュニティを対象とした、活発な経済活動を実現できる社会環境の実現も計画に含まれており、資源の有効活用、環境にやさしい開発、歴史資産の保護も一体的に行うビジョンが示されている。具体案の設定は、続く 5 つのセクターまたは総合開発計画に引き継がれ、この中で法制度、標準化、各種技術、戦略も包括した詳細な開発提案へとつながっている。

本計画ではそのビジョンとして、将来のコルカタ都市圏の構造を新たなタウンシップや生活区の整備も含めた KMA に存在する都市中心地区の開発ヒエラルキーとしても示している。この都市構造計画では、いくつもの開発センターが開発され、その中で 1 つのメトロセンター、15 の主要センター、5 つのメトロシティ連携網が提案されている。

東西線整備に関連の深い交通インフラ整備に係る提案とアクションは以下に示すような戦略として示されている。

1. 既存の交通・物流モードは将来の移動需要増加にも対応するよう強化・改善される必要がある。
2. 都市近郊鉄道や環状鉄道、トラムや LRT などの電化交通システムは、可能な限り環境影響の低減を目指し、化石燃料利用を削減しつつ強化・改善していく必要がある。
3. 既存メトロ南北線の Tollygunge - Garia 間の延伸事業は早急な整備完了が必要である。東西線は、Salt Lake から Ramrajatala と Shalimar への接続を BBD Bag の Sealdah 駅と Howrah 駅での連絡を介して達成するべく、早急に計画実施が必要である。
4. コルカタの都市中心部での開発では、重要でかつ開発の集中した地区における建築物の再開発の制限や、日中の特定時間帯の車両交通制限、さらに交通技術や交通管理対策の適用による交通流動の改善など、厳格な開発管理が必要である。
5. 交通モードの平行利用については可能な限り最大化を図りつつ、各交通の流れが阻害されることが無いような改善整備努力が必要である。各地区での交通の状況と構造の詳細な検証に基づき各種交通サービスのルートと運営方針を決定する必要がある。
6. 歩行者の安全確保と移動の障害が発生しないよう特に歩行者環境整備には注意をする必要がある。そして歩行者の円滑な移動を達成するために、広場や歩行者専用道（歩道）、地下歩道、空中歩廊や歩道橋、エレベータやエスカレータなどの整備が必要である。
7. バランスのとれた行政と民間による交通インフラ整備と運営管理サービスの協力と実現を確保する必要がある。現在の都市圏でのバスサービスは民間が 20%、行政が 80%という運営費率となっており、この比率は可能な限りバランスをとる必要がある。



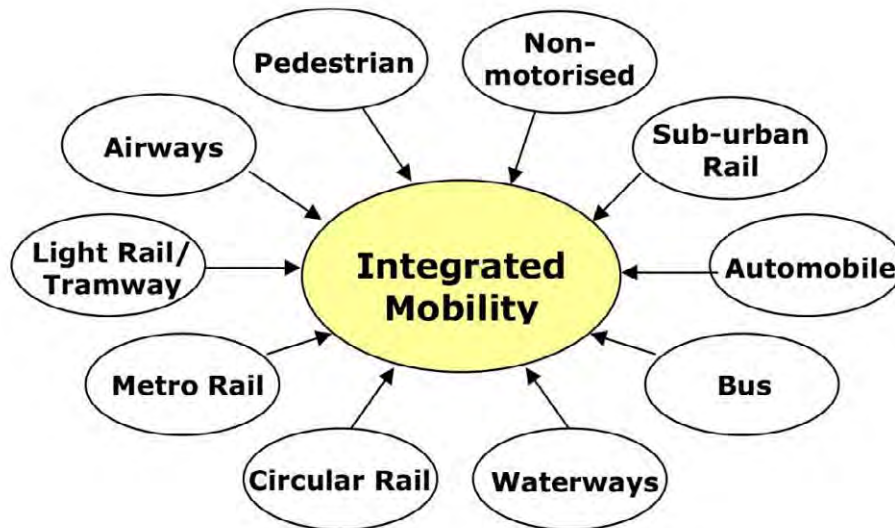
出典：KMDA

図 3.6.2 KMDA における KMC と周辺開発地区

(5) Comprehensive Mobility Plan (CMP) KOLKATA, 2001-2025

この計画で取り入れられている政策では、CDP KOLKATA, 2001-2025 での政策に従い「KMA における 2025 年時点での旅客と物流のシナリオを取り入れ、その需要を満たすための統合された各種交通モードのネットワークを確立する」としている。CDP Kolkata の政策に呼応するように、以下の点が重要政策項目として挙げられている。

1. 道路交通、鉄道および河川交通を総合的な交通ネットワークの形成に向けて計画整備
2. 大都市におけるバランスのとれた都市開発
3. 安全で、安価で、早い交通システムの実現
4. 既存の交通インフラの最適活用
5. 省エネと環境保護



出典：Comprehensive Mobility Plan, Kolkata

図 3.6.3 交通モードの統合

3.6.2 Esplanade Station Development Concept Plan

次に、本東西線整備計画のうち Esplanade 駅の開発に関連する計画が現在 West Bengal Transport Department によって準備されておりその概要を入手した。この計画案では Esplanade で交わる 3 つのメトロ線の計画と併せ他の交通モードを接続し、一体的な駅開発の中で公共交通志向型開発（TOD）を進める提案である。このコンセプトと提案についても以下に概説する。

(1)コンセプトプランの概要

Esplanade 駅の開発方針に係る上位計画として、2017 年 4 月に西ベンガル州の交通局が作成したコンセプトプラン¹がある。同コンセプトプランは、将来的に、東西線、南北線、JOKE 線の 3 線が乗り入れる Esplanade 駅の性格や求められる役割を明確にするとともに、他公共交通機関との連携・統合に向けた動線計画や必要施設および規模等が示されている。同コンセプトプランでは、実現化方策としてメトロ 3 路線を含む公共交通のハブ機能を備えた施設整備や歩行者のための安全安心な動線整備、さらに大規模バスターミナルと併せた地下施設の整備等が示されている。

(2)目的とアウトプット

将来的に Esplanade 駅は、東西線、南北線、Joka 線の 3 線が乗り入れる駅となり、Esplanade 駅並びに駅周辺は、域外からも多くの人が集まる地区となることが想定される。同コンセプトプランは、地下鉄東西線と他地下鉄、バス、トラム、フェリー等の公共交通機関の連結性を確保することにより、駅並びに駅周辺を安全且つ一層便利に利用できるようにすること、また、駅並びに駅周辺が地域の資産となるように、地下鉄と他公共交通機関が一体となった魅力ある空間を創出することを目的として作成されたものである。具体的には、以下 6 点の開発方針を示している。

- 地下鉄内において乗客の地下移動のための相互の接続を図る。
- 駅が地域の重要なシンボルになるようなコンコース（公共の共有スペース）を設置する。
- 乗用車の駐車スペースや公共交通機関の乗降スペースを設置する。
- バス並びにトラムターミナルの再開発を行う。
- 質の高い公共スペースとして Esplanade 駅の再開発を行う。
- Esplanade 駅から Eden ガーデン、Netaji Indoor Stadium、High Court までを地下で接続するための可能性を検証する。

¹ DEVELOPMENT OF MASTER PLAN including Ingress/ Egress Plans & Comprehensive Commuter Dispersal as well as Parking Plans for ESPLANADE METRO STATION with underground connectivity to major land uses like the Eden Gardsens, Netaji Indoor Stadium & the High court / 西ベンガル州交通局 / 2017

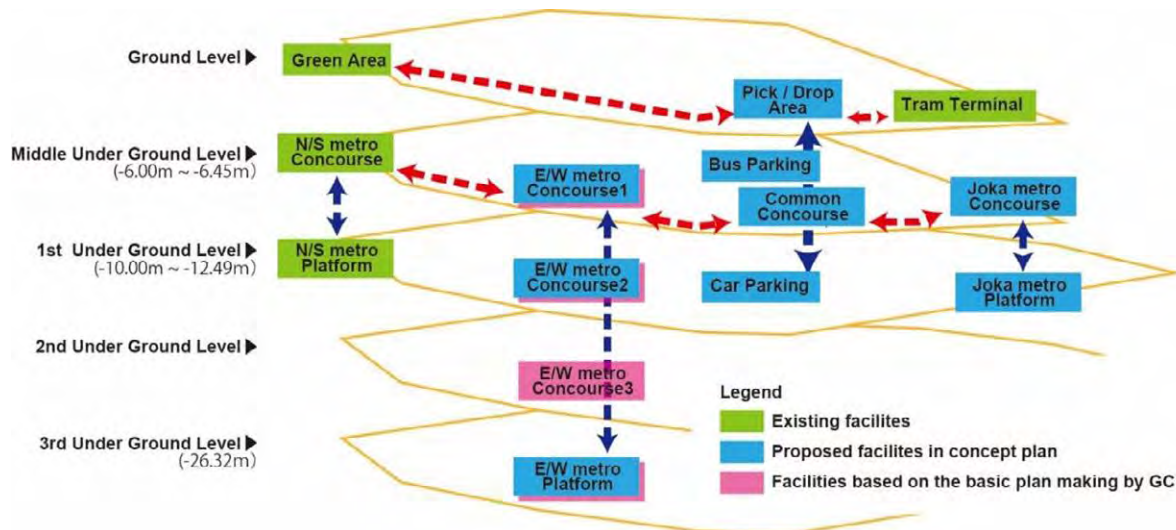
また、現地調査や需要予測等の結果を踏まえるとともに、歩行環境の改善、トラムターミナルの再開発、バスターミナルの再開発、アクセス・分散モデルが設定されている。駐車場計画等については、事業関係者（西ベンガル州交通局 / 西ベンガル州公共事業局 / 交通警察 / 国鉄 / KMRCL（南北線並びに東西線所掌） / RVNL（Joka 線所掌））への意見をもとに最終化され、最終的には、2案のコンセプトプラン、平面図、鳥瞰図等が作成されている。

(3)動線計画および機能・施設の配置計画

コンセプトプランでは、図 3.6.4 に示すとおり、乗客が駅内外を安全且つ一層便利に利用できるような動線および機能・施設の配置が計画されている。

Esplanade Chowk 周辺の車両交通量は多く、歩行者が安全に通行することが難しい。よって、地上部は、地下鉄の出入口からトラムターミナルまでの人の移動を妨げず安全な歩行空間を確保するとともに、既存の緑地空間を活かしつつ地域の資産となるような魅力ある空間を整備する計画である。

現在、地下中間階には南北線のコンコースが設置されている。東西線（-6.45m）並びに Joka 線（-6.0m）のコンコースは同階に設置し、また、地上部での混雑を軽減することをねらいとし、現在地上にあるバスターミナルは地下中間階に移動させる計画を立てている（約-6.0m）。



出典：コンセプトプランを基に調査団作成

図 3.6.4 Esplanade 駅内外の動線計画

(4)ハードの提案

コンセプトプランにおけるバス、駐車場、歩行者空間等のハード面での整備・改善方針は以下のとおりである。

1)バスターミナル

- 地下中間階に 2.0ha の面積のバスターミナルを整備する（現在の地上部にあるバスターミナルの 1.25 倍を整備）
- 地下中間階に約 100 台のバスの収容を想定した整備を行う。
- Santragachi 方面に市内バスターミナルの一部を移動させる。（図 3.6.5 内 A 地点）
- Mayo 道路と Rashimoni 道路からの幅 5m の 2 つの入口を整備する。（図 3.6.5 内 B 地点）
- Chowranghee と Dufering-Maya 交差点へ向かう幅 5m の 2 つの出口を整備する。（図 3.6.5 内 C 地点）

2) 駐車場

- 路上駐車制限を行う。
- 地上に 2.1ha の面積の駐車場を設置する。
- 地下部に約 540 台の一般自動車の収容を想定した整備を行う。

- Rashimoni 道路と Chowranghee 道路のそれぞれの道路から幅 4m の 4 つの出入口を整備する。
(図 3.6.5 内 D 地点)

3) 歩行者空間

- 十分に管理された道路の維持を図る。
- 横断歩道を設置する。
- 歩行者信号を設置する。
- 障害者向けのサイン (信号) を設置する。

(5) ソフトの提案

1) 運行計画 (料金体系)

- 公共交通機関の担う役割として「単に利用者の輸送のみの機能」から「利用者が抱える問題課題解決の機能」へ機能の転換を図ることにより、公共交通機関の提供サービスを拡大する。
- 第三者プロバイダーにより提供されるサービスを集約する (サービス調整に向けた法令遵守、異なる主体間での運営コストの分配、チケットシステムの統合、乗客の円滑な移動の誘導等)。
- インターチェンジエリアにおいて、地下鉄、トラム、バスの運賃の最適化を図り、それらの交通機関を共通で利用できるチケットシステムの導入を提案する。

2) デザイン

- 歩行者の地下空間の移動のための共通コンコースを 7,500 m²程度確保する。
- 既存のトラムターミナルの公共の利便性が維持される。もしくは既存のトラムを更新する。
- Chowranghee 道路から Eden ガーデン方面への歩道橋を整備する (図 3.6.6)。
- KC Das Chowk から Eden ガーデンまでの歩行者向けのトンネルを整備する。(図 3.6.5 内 E 地点)
- セキュリティー確保に向け交通警察を地上部に配置する。
- 駐輪場を設置する。
- 道路利用の最適化を図るとともに、隣接する土地利用の生活の質を向上させるための陳情処理システムを導入する。
- 道路空間の適正利用に向けたデザインを検討する (魅力ある通りを実現する道路、スピード制限を図る道路等)。

3) 情報技術サービス (ITS)

- 周辺環境に調和し、かつ明瞭なデザインの道路標識を設置する。

4) 建物とオープンスペースの配置

- 地上部は、現地イメージを保持しつつ、コンセプトプランに則った空間整備を行う。
- 地上部の整備対象エリアは約 3.4ha を確保する。
- 野外展示場、水辺、スポーツおよびレクリエーション施設、芸術・文化を楽しむゾーン等を設置する。



出典：コンセプトプランを基に調査団作成

図 3.6.5 Esplanade 駅周辺の計画図（地上部）

CHOWRANGHEE ROAD

EXISTING CONDITION



PROPOSAL



- STREET ACTIVITY
- CHANGING STREET GEOMETRY
- ESPLANADE GATE NO.05
- OVERHEAD BRIDGE FOR PEDESTRIANS
- PEDESTRIAN CROSSING
- ENERGY EFFICIENT LIGHTING
- PLANTATION PROVIDED
- TAXI DROP OFF POINTS
- ENERGY EFFICIENT LIGHTING
- PUBLIC ARTWORKS
- TRAFFIC SIGNAL
- SIGNAGE & STREET FURNITURE

出典：コンセプトプラン

図 3.6.6 Chowranghee 道路の完成イメージ

第4章 路線変更後の DPR のレビュー

4.1 計画路線の確認

4.1.1 路線変更の妥当性

(1)上位計画との整合性

当初の路線計画にあった Mahakaran 駅と Central 駅は、用地取得や近接する建物への影響、工事中の交通渋滞等の問題により断念せざるを得ず、Howrah 駅から Sealdah 駅の間において、大幅な路線計画の見直しが必要となった。路線計画の見直しを行うにあたっては、世界有数の人口密集地域であるコルカタの様々な開発計画を確認し、関連する上位計画との調和を図る必要がある。

地下鉄東西線に関わる上位計画、関連プロジェクトとしては表 4.1.1 及び表 4.1.2 に示すものがある。東西線事業自体がそれぞれの上位計画に含まれており、建設中の空港線や Joka 線との接続にも支障が生じない計画変更であることから、関連性に問題はない。

表 4.1.1 上位計画一覧

| No | 計画名称 | 概要 |
|----|--|---|
| 1 | MASTER PLAN FOR TRAFFIC AND TRANSPORTATION IN KOLKATA METROPOLITAN AREA, KMDA (2001) | 輸送ネットワークと大量輸送機関の改善に関する多数の提案が含まれている。東西線の延伸や高速道路計画、フェリー棧橋の建設、バスターミナルの整備が提案されているが、東西線の路線変更に支障が生じるものはない。 |
| 2 | City Development Plan (CDP), KOLKATA, KMA(2001-2025) | 交通モード毎に独自に投資されていた過去の施策を改め、都市全体として統合された交通網の構築を目指す計画であり、既存の交通施設との連携や投資効果を考慮して 2025 年までの事業の優先順位を定めている。なお、東西線に関する具体的な記述はないものの、重要政策項目に安全かつ安価な交通システムの導入が盛り込まれている。 |
| 3 | PERSPECTIVE PLAN OF KOLKATA METROPOLITAN AREA, KMA(2005) | 2025 年に 2,100 万人の都市人口となる KMA が整備すべき都市サービスについて言及されており、その一部として地下鉄東西線の早期完成を求めている。 |
| 4 | Comprehensive Mobility Plan (CMP), KOLKATA, KMA(2001-2025) | コルカタ都市圏における総合運輸計画。道路、鉄道、水路を統合した上で、安全・安価で速達性が高く、省エネかつ環境に優しい都市全体にバランスのとれた計画を求めている。なお、東西線に関する具体的な記述はないものの、重要政策項目に鉄道整備や安全かつ安価な交通システムの早期導入が盛り込まれている。 |

出典：JICA 調査団

表 4.1.2 関連プロジェクト一覧

| No. | プロジェクト名 | 概要 |
|-----|----------------|---|
| 1 | Joka-BBD 線建設事業 | Rail Vikas Nigam Ltd (RVNL) が建設中のコルカタ中心部 (BBD) と南部の Joka を結ぶ延長 16.54km の地下鉄路線。地下鉄南北線の Esplanade 駅との接続を計画中である。 |
| 2 | 空港線建設事業 | RVNL が建設中のコルカタ南部 (Kavi Subhash) と北部の空港 (Biman Bandar) を結ぶ延長 29.86km の高架鉄道。地下鉄東西線とは Salt Lake Sector V 駅で接続する予定。 |
| 3 | 東西線延伸計画 | 建設中の東西線の Howrah Maidan 駅から西へ、Salt lake Sector V 駅から北へ延伸させる計画。 |

出典：JICA 調査団



出典：Traffic Survey Report by RITES (May 2017)

図 4.1.1 関連プロジェクトの計画路線図

(2)代替ルートの可能性と比較

修正 DPR には Esplanade 駅を経由する代替案の利点についてのみ記述されているが、Howrah 駅から Sealdah 駅へ最短で連絡し、南北線とは Mahatma Gandhi Road 駅で接続する案も代替案として考えられる。2 つの代替ルートについて比較検討を行った結果、表 4.1.3 に示す通り、整備延長は長くなるものの、

他の交通機関との接続性や用地取得の容易性から Esplanade 駅を経由する現在の提案ルートを経由する現在の提案ルートを優位と評価する。

表 4.1.3 代替ルートの比較検討結果

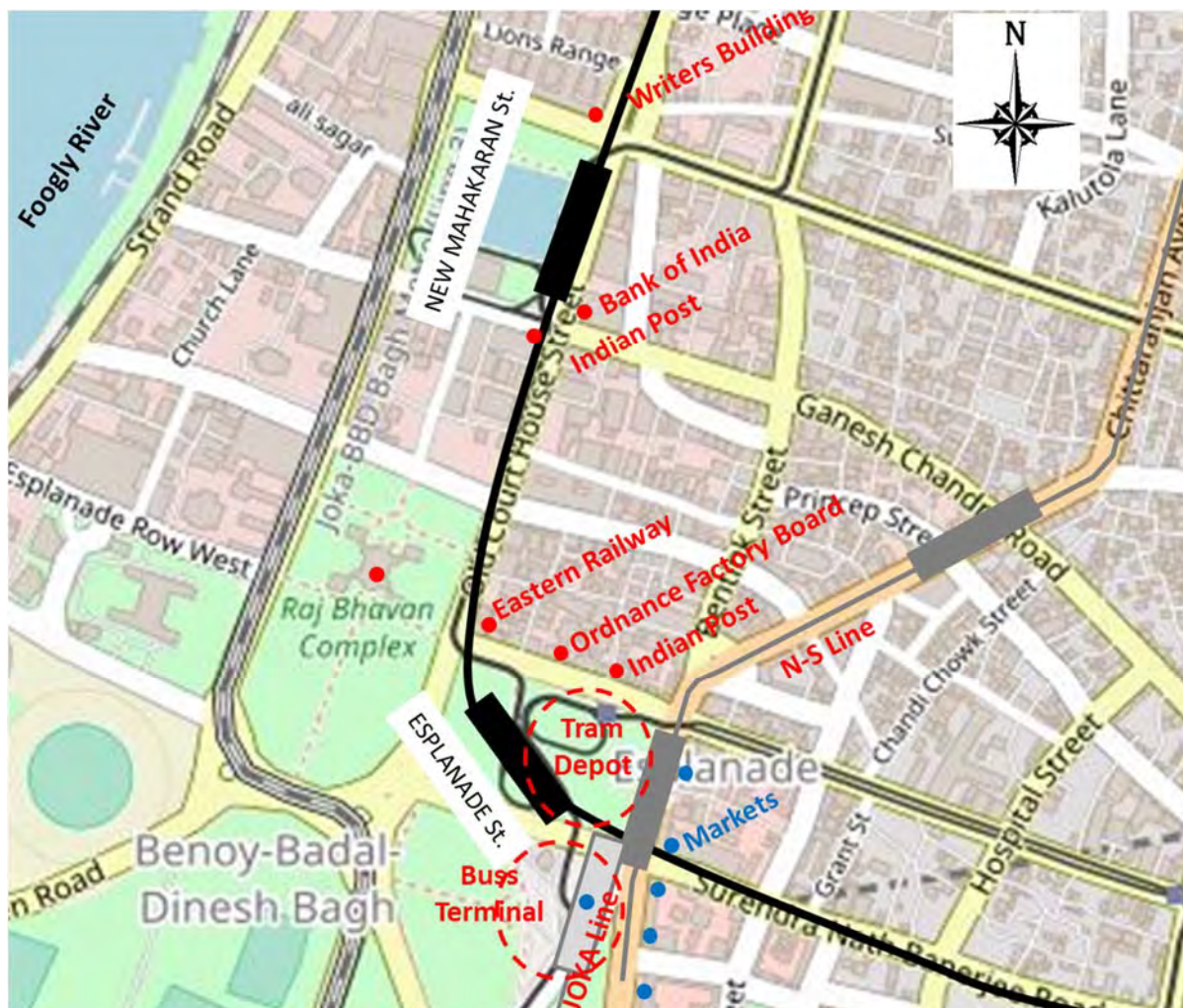


| 項目 | 現提案ルート | | 代替ルート | |
|-------------|--|---|----------------------------------|---|
| 南北線との接続性 | 利用者が多い Esplanade 駅と接続する | ◎ | Mahatoma Gandhi Road 駅と接続する | ○ |
| 他の交通機関との接続性 | Esplanade 駅でトラムやバスとの接続あり。将来は、Joka 線との接続も可能 | ◎ | 特に無し | △ |
| 用地の取得難易度 | 高層の建物が少なく、用地取得は比較的容易である | ○ | 道路幅が狭く、住居が密集しており補償の問題がある | △ |
| 路線延長 | オリジナルルートより約 1.4km 長くなる | △ | オリジナルルートより約 0.1km 長くなる | ◎ |
| 周辺地域の土地利用状況 | 官公庁や商業の中心地 (CBD 地区) を経路するため需要が多く見込める | ◎ | 重要な施設や建物が比較的少なく、需要は限られる | △ |
| 評価 | CBD 地区を通過するために、利便性が高く、N-S,Joka 線との相乗効果が期待できる | ◎ | 路線延長が短く、建設費を抑えられるが、用地取得や需要に問題がある | △ |

出典：JICA 調査団

(3) 駅位置の妥当性

路線変更に伴い駅の位置が変更となった Esplanade 駅と New Mahakaran 駅について、計画位置の妥当性を評価する。



出典：JICA 調査団

図 4.1.2 新規に計画された駅位置

1)線形上の妥当性

列車の発着や旅客の乗降が行われる駅舎ホーム区間の線形については、施工性や利便性の観点から平坦かつ直線であることが望ましい。修正 DPR に記載された計画によると、路線変更区間に設置される2つの地下駅については、表 4.1.4 に示す通り、駅に求められる線形上の条件を全て満たしているため、線形上の妥当性に問題はないと評価する。

ただし、地下駅舎においては排水の必要性から駅区間の勾配を 0.1%とすることが明記されているが、図面では線路高が Level と表記されている。施工者に確認したところ、線路下の床スラブに勾配をつけることで排水機能を確保するとの回答であった。

表 4.1.4 線形上の妥当性確認結果

| 条件 | Esplanade 駅 | New Mahakaran 駅 |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 直線またはR=1,000m以上の曲線区間である | OK プラットフォーム区間の線形は直線である。 | OK プラットフォーム区間の線形は直線である。 |
| 勾配が 0.1%未満である | OK レール高は Level で計画されている。 | OK レール高は Level で計画されている。 |
| 縦曲線の範囲外である | OK 縦曲線区間ではない。 | OK 縦曲線区間ではない。 |

出典：JICA 調査団

2)周辺土地利用からの妥当性

Esplanade 駅は既存の地下鉄南北線との結節点となり、トラムやバスとの乗り換え利便性が高く、将来は地下鉄 Joka 線との結節も容易に行える位置にあるため、Central 駅の代替候補として相応しい将来性を有している。

一方、New Mahakaran 駅は、大規模な交通機関との結節はないものの、フーグリー川の東側玄関口に近く、商業エリアの中心に位置するため大きな需要を見込むことができる。また、旧 Mahakaran 駅計画地と異なり、政府所有地内に位置するため、用地取得が容易であること、工事中の交通渋滞への影響が小さい等の長所を有しており、Mahakaran 駅の移設先として妥当である。

表 4.1.5 駅周辺の土地利用状況

| 条件 | Esplanade 駅 | New Mahakaran 駅 |
|------------------|---|---------------------------------------|
| 地下鉄との接続 | 地下鉄南北線 地下鉄 Joka 線 (予定) | なし |
| トラムとの接続 | ターミナルあり | ターミナルなし |
| バスとの接続 | ターミナルあり | ターミナルあり |
| 近隣の官公庁 及び商業施設 | Eastern Railway Ordnance Factory Board Indian Post など | Writer's Building Bank of India など |

出典：JICA 調査団

3)整備の可能性

Esplanade 駅は、既存の地下鉄南北線と交差するため、既存構造物の直下のみを大規模に掘削する、いわゆるアンダーピニング工事を行う必要があるが、技術的には問題ない。また、トラムの移設・運休は完了しているため、用地取得や工事に大きな支障はないものと判断する。New Mahakaran 駅は、以前の駅位置では歴史的建造物に近接しているなどの問題があったが、400m 程度南側の公共用地内に駅位置を変更したため、建物への影響や用地取得の問題は解消されている。

また、駅舎が池に近接しているものの、地下連続壁を池から離れた位置に計画する等、技術的な問題は解決されている。既存の地下埋設物への影響が最小限となるように線形計画を行っているが、影響が回避できない埋設物に対しては管理者と協議を行い、移設等の必要な対策がとられることを確認済みである。

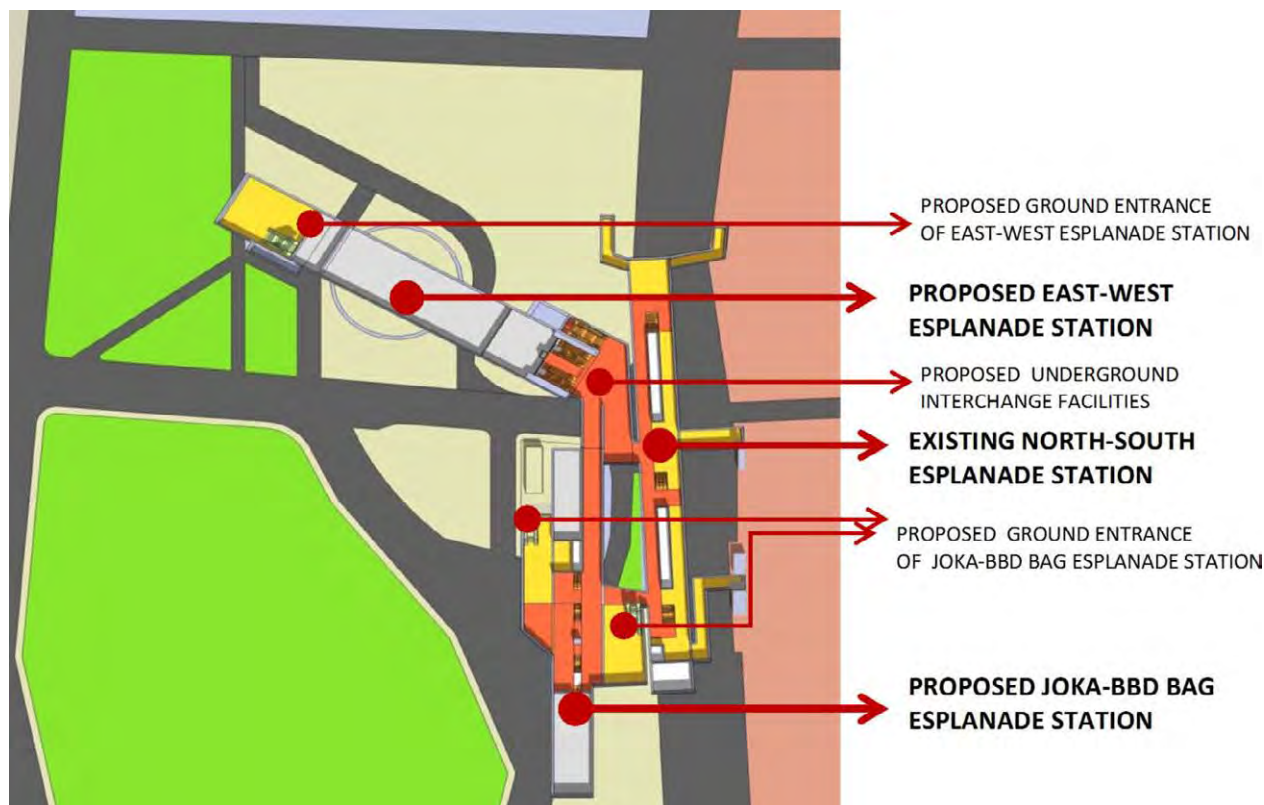
表 4.1.6 主な地下埋設物の状況

| 場所 | 地下埋設物 | 管理者 | 対応 |
|---------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Esplanade | ガスパイプ φ100mm | Greater Calcutta Gas Supply Corp .Ltd | 既にパイプの使用は廃止されているので、移設等の対応は必要ない。 |
| | 地下鉄南北線 駅舎 | Metro Railway Kolkata | 連絡通路の設置など、駅舎間の調和を図れば問題ないと回答あり。 |
| New Mahakaran | 水道管 φ250mm～500mm | KMC | 移設は技術的に可能であることを KMC と協議済み。 |
| | 下水管 4'6"×3.0' | | |
| | トラム | CTC | CTC が運休や移設等の必要な措置をとることに合意済み。 |
| | 地下電線 132kV-9 本、6kV-4 本 | CESC | 代替の位置に移設できるので、基本的に問題ないと合意済み。 |

出典：JICA 調査団

4)将来計画路線への配慮

将来計画路線としては、Esplanade 駅に近接して地下鉄 Joka 線の建設が将来的に予定されている。当駅では、既存の地下鉄南北線との乗り換えを含めて、利便性を考慮した連絡通路の整備や、各線共通のチケットサービスの提供が計画されており、将来計画路線に十分配慮した計画となっている。



出典：KMRCL

図 4.1.3 Esplanade 駅における他路線との接続計画

4.1.2 Esplanade～Sealdah 間の新駅設置の可能性

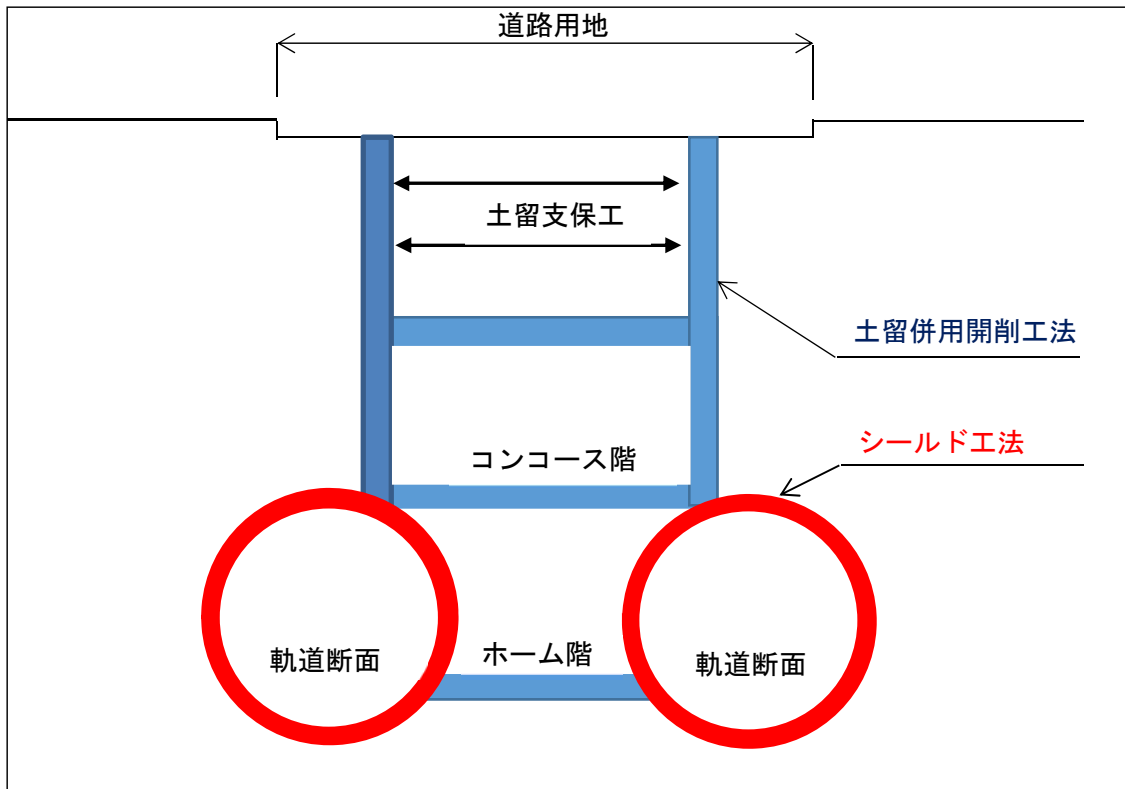
(1)技術的な整備の可能性

DPR 変更の過程において、駅間距離が約 2.6km と長い Sealdah 駅と Esplanade 駅間での新駅（Subodh Mullick Square 駅）建設の可能性が検討されている。この区間のルートは、主に S.N. Banerjee Road と Nirmal Chandra Street の直下に位置しており、現道幅員は歩道含めて約 20m しかない。そのため、開削工法は周辺用地への影響が大きいこと、山岳トンネル(NATM)工法はコストが開削工法の 1.4 倍程度となること等から、共に採用は困難との見解となっている。

開削工法については、他駅と同様、軌道断面すべてを包括する通常の開削工法を前提とすれば、周辺用地への影響が大きいため、採用困難と判断したものであり、特に問題はない。しかしながら、

図 4.1.4 に示すよう、軌道断面を TBM で施工し、コンコース階以浅を開削工法で施工する開削切り開き工法が代替工法として挙げられる。この開削切り開き工法は、通常の開削工法と比較して、必要工種がほぼ同等であることから同程度のコストに抑えられる上、現道用地内での施工が可能となり、周辺用地への影響は最小限に低減可能となる。ただし、この工法でも覆工版を採用した路下施工方式を採用しない限り現道交通への影響は大きく、全面通行止め、もしくは、大規模な交通規制が必要となり、かつ、営業線に配慮しての施工となるため施工の難易度も高くなることから、実現性は低いと言える。

NATM 工法については、日本国内においても、駅端部～トンネル部への断面変化部などにおいて採用されるケースはあるものの、駅部全体を NATM 工法で施工した実績は無く、また地下水位が高く、地盤が比較的軟弱であることから、施工技術的にも難易度は高く、コストも増大する傾向にあるため、DPR での評価は妥当といえる。



出典：JICA 調査団

図 4.1.4 開削切り開き工法概念図

(2)利用者へ与える影響

新駅（Subodh Mullick Square 駅）計画地点は、Nirmal Chandra 通りの直下、Esplanade 駅から約 1.1km Sealdah 駅から約 1.6km の位置に計画されており、両隣接駅の駅勢圏を補完できる条件下にある。当エリアは、沿道に映画館、モスク、ホテル等の集客施設が立地するエリアで、現道を通行する車両、歩行者も多いことから、メトロ駅計画の好条件を満たしていると評価できる。

この新駅を設置した場合の旅客需要予測を表 4.1.7 に示す。新駅を整備しても、その利用者数は極めて少ないと予測される。また東西線の駅の中でも最も少ない利用者数となる。東西線全体の利用者数（乗客数）の増加も約 7 千人、0.9%の増加と、路線全体に与える影響も少ない。

表 4.1.7 新駅を設置した場合の乗車客数予測（2025 年）（単位：人/日）

| 駅名 | (A) | (B) | (A)-(B) | (A)/(B) |
|------------------------|-----------|--------------|---------|---------|
| | With Case | Without Case | | |
| Esplanade | 172,733 | 173,073 | -340 | 0.998 |
| Subhodh Mullick Square | 4,107 | 0 | 4,107 | - |
| Sealdah | 133,256 | 132,412 | 844 | 1.006 |
| East-West Line Total | 776,425 | 769,473 | 6,952 | 1.009 |

出典：RITES

(3)新駅設置の可能性の評価

Sealdah 駅と Esplanade 駅間での新駅（Subodh Mullick Square 駅）建設の可能性について、まず技術的には、(1)で述べたようにシールド工法併用開削切り開き工法を採用すれば、現道路用地内での駅建設が技術的には可能といえるものの、路線変更の要因となった Central 駅と同様の施工条件下となることを踏まえると、施工時の現道交通への影響が大きく、技術的に困難といえる。また、(2)で検証したように、新駅を設置したとしても東西線の収益増に与える影響は少ない。したがって、技術面でも経済面でも新駅設置の可能性、必要性は低く、DPR の結論は妥当であると言える。

4.2 旅客需要予測の確認

4.2.1 予測手法

コルカタ東西メトロの需要予測は2006年版DPRで実施されて以来、何度となく修正されてきた。ただし、それらの修正は部分的に行われてきたに過ぎず、根本的に見直す必要があった。KMRCLは、今回の円借款追加審査に際して新たに需要予測をやり直すことを決定し、インド国のコンサルタントであるRITESにその作業を発注した。

表4.2.1に、2006年で採用されていたモデルの問題点と、今回採用されている予測モデルの概要を示す。

表 4.2.1 需要予測モデルの改良

| モデル | 2006年モデルの問題点 | Updated 2017 model |
|-----------|--|--|
| 発生集中モデル | トリップエンド予測モデルが作成されたが、一人当たり交通発生量が平均値を採用しており、人の属性が考慮されていなかった。 | 将来の経済社会指標をベースに、人の属性別の交通発生量を適用 |
| 分布モデル | - | - |
| 交通機関分担モデル | 既に決められた設定値を採用 | ロジットモデルをベースに将来の交通機関分担を推計 |
| 交通配分モデル | バスルートとメトロの適切な乗り換えが、ネットワークで考慮されていなかった。 | ルートとサービスレベルを考慮したバスネットワークを作成し、メトロとの乗り換えを考慮したトランジット配分を実施 |

出典：JICA 調査団

全体として、新しいモデルでは2006年モデルの大幅な改良が行われている。平均的な一人当たり交通発生量をそのまま将来にも適用した2006年モデルと異なり、今回のモデルではトリップエンドモデルと将来社会経済データに基づき将来交通発生量を推計している。同様に、2006年モデルにおける将来交通手段分担は、すでに決められた一定の分担率に基づいているが、今回のモデルではロジットモデルに基づいた交通手段分担モデルを用いて推計している。さらに、ほとんどの東西地下鉄線の利用者が利用すると考えられるバス交通に関しては、現実的なバスルートとサービス水準を考慮したバスネットワークが作成され、地下鉄路線等との乗り換えを考慮したトランジット配分が採用されている。また、分布モデルは2006年モデルも今回も重力モデルが採用されており、問題はない。

表4.2.2、図4.2.1に今回の需要予測で対象となる地下鉄ネットワークを示す。既存の南北線の他に、東西線、空港線、JOKA線、南北線延伸、東西線延伸が追加されている。各路線の計画進捗状況は以下のとおりである。

表 4.2.2 建設中及び計画中のメトロ

| 路線名 | From | To | 延長(km) | 駅数 | 想定開業年 |
|----------|--------------------|--------------------------|--------|----|-------|
| 空港線 | Airport | New Garia (Kavi Subhash) | 26.0 | 24 | 2020年 |
| JOKA線 | Joka | BBD Bag/Park Street | 15.1 | 13 | 2020年 |
| 南北線延伸 | Noapara | Dakshimeswar | 4.1 | 3 | 計画中 |
| 東西線延伸(東) | Sector V Salt Lake | Biman Bandar | 8.2 | 6 | 構想中 |
| 東西線延伸(西) | Howrah Maidan | Santra Gachi | 10.7 | 9 | 構想中 |

出典：ヒアリングをもとにJICA調査団作成

今回の需要予測では、空港線、JOKA線、南北線延伸はすべて整備済み、また、東西線延伸の有無によって以下の2つのシナリオを設定して推計が行われた。

- シナリオー1：東西線延伸有り（従来の路線区間を東西に延伸：図4.2.1の赤の点線部分）
- シナリオー2：東西線延伸無し（従来の路線区間）

4.2.2 結果の概要

(1)交通手段別トリップ数

今回の家庭訪問調査によって把握された交通機関分担率では全体の 5.70%が自動車、7.47%が二輪車、16.27%がタクシー（オートリキシャ含む）、70.56%が公共交通機関となっている。地下鉄路線の整備が進んだとしても公共交通機関の比率は大きく変わらず、Scenario-1 では 0.78%、Scenario-2 では 2.79%の増加に留まっている（いずれも 2017 年と 2035 年の比較）。しかし、その内訳では地下鉄（鉄道を含む）の分担率が増加し、2035 年には現況の 1.8~2.3 倍にまで増加する（Scenario-1 で 2.3 倍、Scenario-2 で 1.8 倍となる）。

表 4.2.3 2025 年及び 2035 年における各種交通手段分担率（シナリオ-1）

| №. | Mode | 2017(Household) | | 2025 | | 2035 | |
|-----|-----------------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | | Trips/day | Modal Share | Trips/day | Modal Share | Trips/day | Modal Share |
| 1 | Car | 390,461 | 5.70% | 429,536 | 5.58% | 469,660 | 5.61% |
| 2 | 2-Wheeler | 511,474 | 7.47% | 547,290 | 7.11% | 598,111 | 7.15% |
| 3 | Auto/Taxi | 1,113,600 | 16.27% | 1,217,876 | 15.83% | 1,330,504 | 15.90% |
| 4 | Metro | 1,112,536 | 16.25% | 2,586,304 | 33.61% | 3,105,567 | 37.11% |
| 5 | Bus | 3,717,150 | 54.30% | 2,914,864 | 37.88% | 2,865,100 | 34.23% |
| 4+5 | Public Transportation | 4,829,686 | 70.56% | 5,771,168 | 74.99% | 5,970,667 | 71.34% |
| | Total | 6,845,221 | 100.0% | 7,695,870 | 100.0% | 8,368,942 | 100.0% |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表 4.2.4 2025 年及び 2035 年における各種交通手段分担率（シナリオ-2）

| № | Mode | 2017(Household) | | 2025 | | 2035 | |
|-----|-----------------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | | Trips/day | Modal Share | Trips/day | Modal Share | Trips/ady | Modal Share |
| 1 | Car | 390,461 | 5.70% | 437,562 | 5.69% | 478,711 | 5.72% |
| 2 | 2-Wheeler | 511,474 | 7.47% | 557,536 | 7.24% | 609,440 | 7.28% |
| 3 | Auto/Taxi | 1,113,600 | 16.27% | 1,230,272 | 15.99% | 1,344,248 | 16.06% |
| 4 | Metro | 1,112,536 | 16.25% | 2,005,978 | 26.07% | 2,430,444 | 29.04% |
| 5 | Bus | 3,717,150 | 54.30% | 3,598,468 | 46.76% | 3,707,989 | 44.31% |
| 4+5 | Public Transportation | 4,829,686 | 70.56% | 5,604,446 | 72.82% | 6,138,433 | 73.35% |
| | Total | 6,845,221 | 100.0% | 7,695,870 | 100.0% | 8,368,942 | 100.0% |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

(2)駅別乗降客数

東西メトロの駅別乗降客数をみると、Esplanade 駅の乗降客数が最も多く、次いで Sealdah 駅、Salt Lake Sector V となっており、この傾向はどちらの Scenario でも変わっていない。Esplanade 駅の 2035 年における乗降客数は Scenario-1 で約 68 万人、Scenario-2 で約 43 万人となっているが、これらは現在の Dum Dum 駅の 27 万人を超え、Howlah 駅の 79 万人に迫る乗降客数となっている¹。

¹ 現況における主要駅の乗降客数は Sealdah 駅 109 万人、Howlah 駅 79 万人、Dum Dum 駅 27 万人となっている。現況の Esplanade 駅の乗降客数は 85,000 人となっている。

表 4.2.5 2025 年東西線駅別乗降客数（シナリオ-1）（トリップ/日）

| STATION NAME | Eastward | | Westward | | TOTAL | |
|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING |
| Howrah Maidan | 39,204 | 3,322 | 17,505 | 34,095 | 56,708 | 37,417 |
| Howrah | 103,775 | 2,215 | 8,450 | 111,898 | 112,225 | 114,113 |
| New Mahakaran | 57,509 | 12,956 | 30,044 | 58,996 | 87,553 | 71,953 |
| Esplanade | 152,480 | 84,548 | 164,449 | 171,575 | 316,929 | 256,123 |
| Sealdah | 55,020 | 116,170 | 114,728 | 71,380 | 169,748 | 187,550 |
| Phoolbagan | 10,686 | 36,983 | 43,925 | 10,631 | 54,610 | 47,615 |
| Salt Lake Stadium | 9,797 | 24,139 | 23,671 | 9,430 | 33,468 | 33,568 |
| Bengal Chemical | 1,833 | 3,989 | 5,770 | 1,950 | 7,603 | 5,939 |
| City Centre | 4,980 | 14,435 | 15,517 | 4,820 | 20,497 | 19,255 |
| Central Park | 5,047 | 14,284 | 14,196 | 5,325 | 19,243 | 19,609 |
| Karunamoyee | 3,019 | 19,022 | 36,264 | 1,672 | 39,283 | 20,694 |
| Salt Lake Sector V | 23,222 | 110,446 | 113,092 | 23,040 | 136,314 | 133,486 |
| Total | 466,572 | 442,509 | 587,611 | 504,812 | 1,054,181 | 947,322 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表 4.2.6 2025 年東西線駅別乗降客数（シナリオ-2）（トリップ/日）

| STATION NAME | Eastward | | Westward | | TOTAL | |
|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING |
| Howrah Maidan | 57,670 | 0 | 0 | 40,772 | 57,670 | 40,772 |
| Howrah | 85,279 | 17 | 245 | 99,988 | 85,524 | 100,005 |
| New Mahakaran | 53,686 | 8,010 | 4,567 | 54,892 | 58,253 | 62,902 |
| Esplanade | 128,970 | 39,971 | 44,103 | 135,304 | 173,073 | 175,274 |
| Sealdah | 33,901 | 109,566 | 98,511 | 32,649 | 132,412 | 142,215 |
| Phoolbagan | 7,064 | 32,669 | 36,871 | 7,207 | 43,935 | 39,876 |
| Salt Lake Stadium | 6,182 | 23,442 | 20,168 | 6,374 | 26,350 | 29,816 |
| Bengal Chemical | 1,642 | 3,153 | 3,292 | 1,746 | 4,934 | 4,899 |
| City Centre | 2,823 | 13,241 | 12,807 | 2,961 | 15,630 | 16,201 |
| Central Park | 2,784 | 13,918 | 13,864 | 3,353 | 16,648 | 17,271 |
| Karunamoyee | 1,532 | 26,719 | 36,872 | 2,671 | 38,404 | 29,390 |
| Salt Lake Sector V | 0 | 110,827 | 116,617 | 0 | 116,617 | 110,827 |
| Total | 381,533 | 381,533 | 387,917 | 387,917 | 769,450 | 769,448 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表 4.2.7 2035 年東西線駅別乗降客数（シナリオ-1）（トリップ/日）

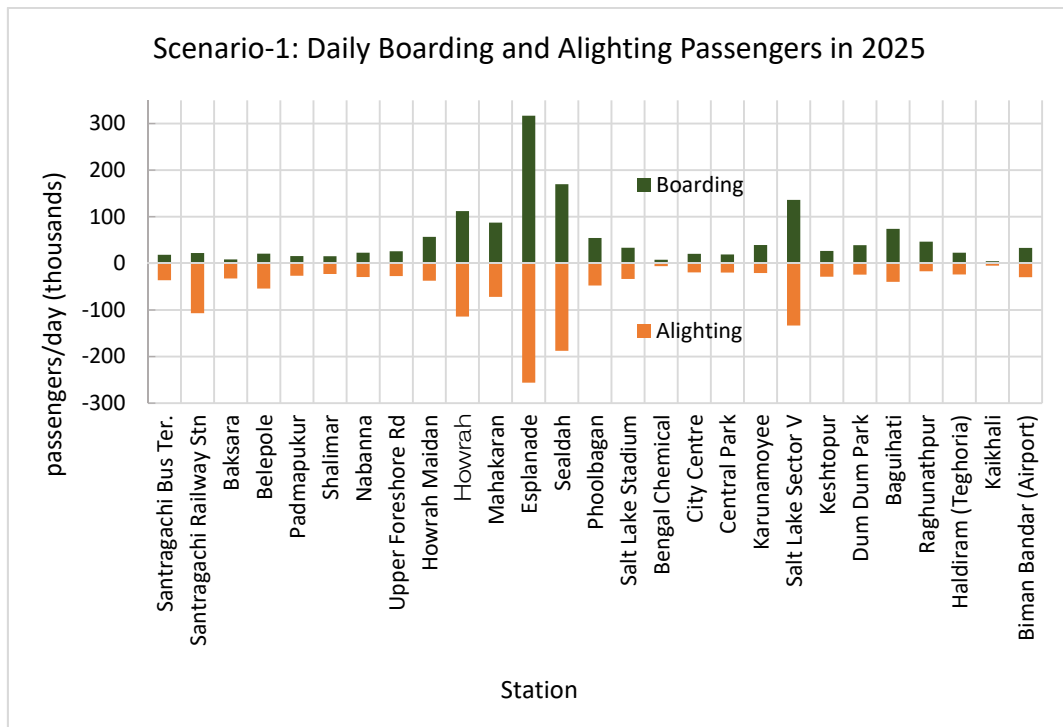
| STATION NAME | Eastward | | Westward | | TOTAL | |
|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING |
| Howrah Maidan | 48,902 | 3,732 | 20,926 | 40,596 | 69,829 | 44,329 |
| Howrah | 142,484 | 2,554 | 10,537 | 153,105 | 153,021 | 155,659 |
| New Mahakaran | 77,776 | 17,528 | 41,074 | 80,141 | 118,850 | 97,668 |
| Esplanade | 180,935 | 98,577 | 192,898 | 206,302 | 373,833 | 304,879 |
| Sealdah | 72,554 | 157,570 | 154,678 | 95,464 | 227,231 | 253,034 |
| Phoolbagan | 11,941 | 44,445 | 50,086 | 12,101 | 62,027 | 56,546 |
| Salt Lake Stadium | 10,842 | 25,807 | 24,645 | 10,781 | 35,487 | 36,588 |
| Bengal Chemical | 2,239 | 4,200 | 6,116 | 2,350 | 8,355 | 6,550 |
| City Centre | 5,237 | 14,846 | 15,717 | 5,122 | 20,954 | 19,967 |
| Central Park | 5,864 | 17,202 | 16,565 | 6,301 | 22,429 | 23,503 |
| Karunamoyee | 3,937 | 23,960 | 50,633 | 1,922 | 54,570 | 25,883 |
| Salt Lake Sector V | 27,193 | 154,069 | 154,578 | 27,480 | 181,770 | 181,550 |
| Total | 589,904 | 564,490 | 738,453 | 641,665 | 1,328,356 | 1,206,156 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表 4.2.8 2035 年東西線駅別乗降客数（シナリオ-2）（トリップ/日）

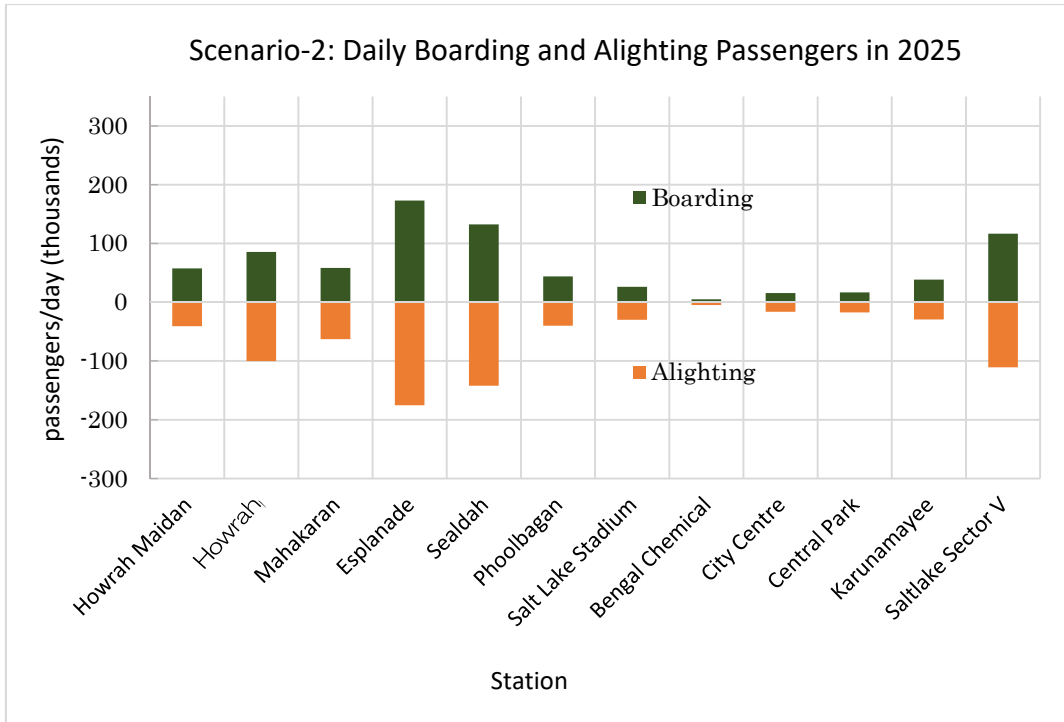
| STATION NAME | Eastward | | Westward | | TOTAL | |
|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING | BOARDING | ALIGHTING |
| Howrah Maidan | 76,310 | 0 | 0 | 50,454 | 76,310 | 50,454 |
| Howrah | 116,903 | 16 | 298 | 136,811 | 117,202 | 136,827 |
| New Mahakaran | 73,538 | 11,220 | 6,306 | 75,535 | 79,843 | 86,756 |
| Esplanade | 158,234 | 49,761 | 54,545 | 167,267 | 212,779 | 217,028 |
| Sealdah | 44,906 | 149,729 | 134,944 | 43,073 | 179,850 | 192,802 |
| Phoolbagan | 8,470 | 39,818 | 45,809 | 8,835 | 54,279 | 48,653 |
| Salt Lake Stadium | 7,365 | 25,061 | 20,952 | 7,864 | 28,317 | 32,925 |
| Bengal Chemical | 2,072 | 3,334 | 3,469 | 2,174 | 5,541 | 5,507 |
| City Centre | 3,178 | 13,512 | 12,814 | 3,338 | 15,992 | 16,850 |
| Central Park | 3,433 | 16,724 | 16,122 | 4,176 | 19,555 | 20,900 |
| Karunamoyee | 1,708 | 33,734 | 49,571 | 3,228 | 51,279 | 36,962 |
| Salt Lake Sector V | 0 | 153,208 | 157,926 | 0 | 157,926 | 153,208 |
| Total | 496117 | 496,117 | 502,755 | 505,487 | 998,872 | 998,872 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017



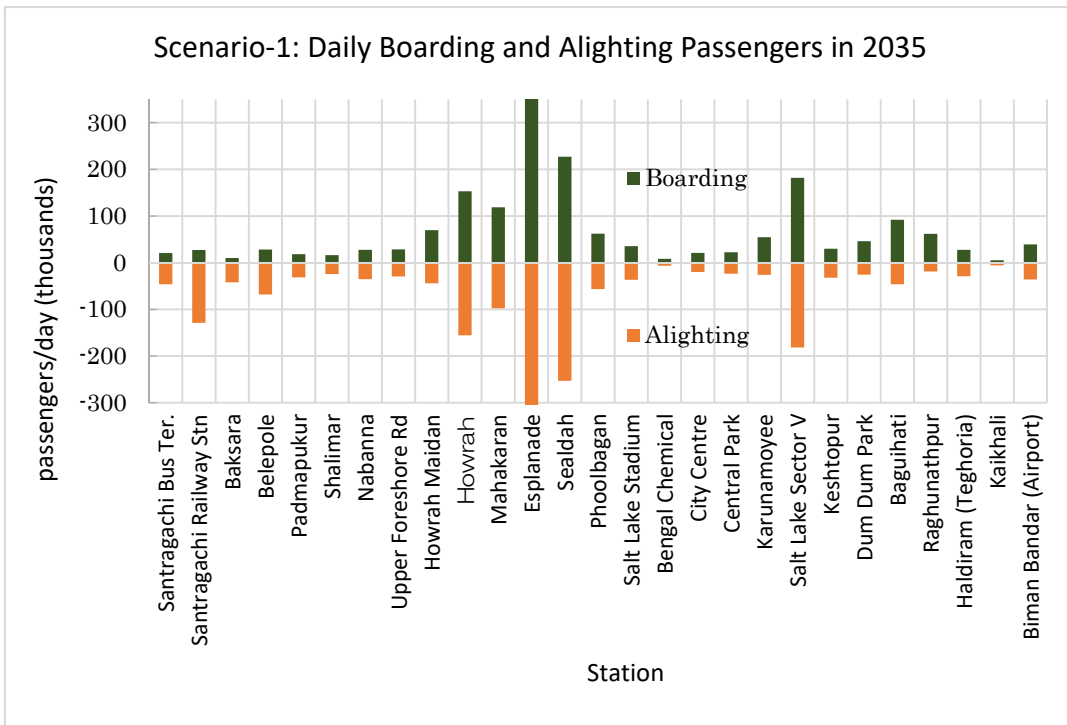
出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.2 2025 年東西線駅別乗降人数（シナリオ-1）



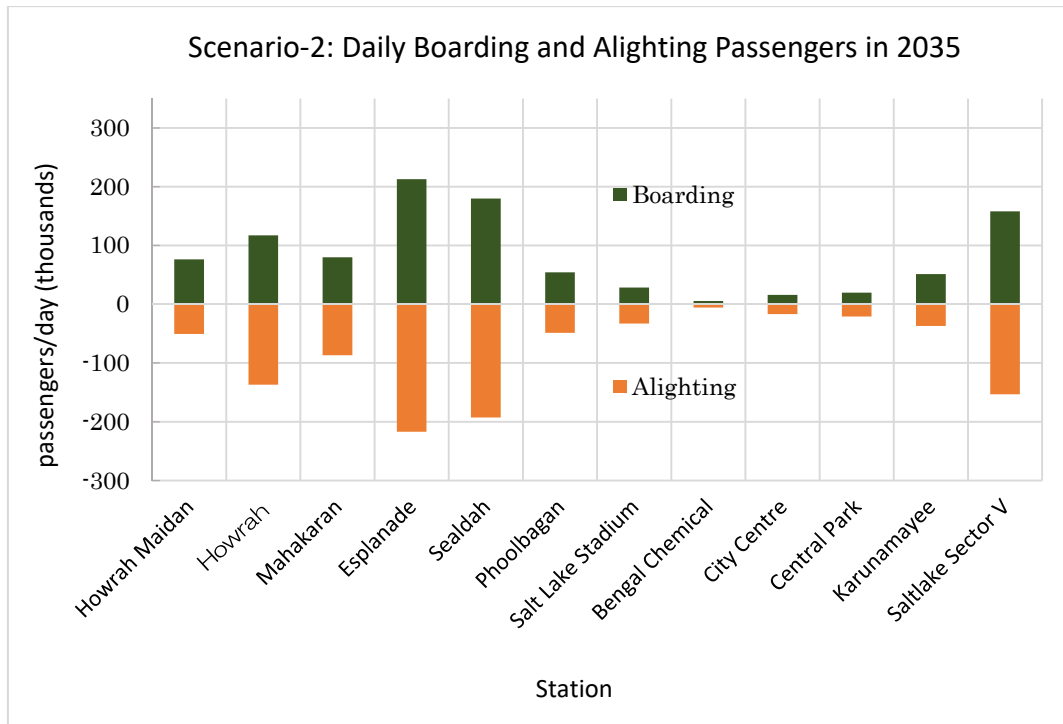
出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.3 2025 年東西線駅別乗降人数（シナリオ-2）



出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.4 2035 年東西線駅別乗降人数（シナリオ-1）



出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.5 2035 年東西線駅別乗降人数（シナリオ-2）

(3)PHPDT（最大断面ピーク時交通量）

PHPDT は運行計画に最も重要な指標であり、それによってピーク時の運行間隔や必要車両数が求められる。表 4.2.9 及び表 4.2.10 に二つのシナリオにおける PHPDT を示す。

表 4.2.9 ピーク時区間別方向別交通量（シナリオ-1）（人/時）

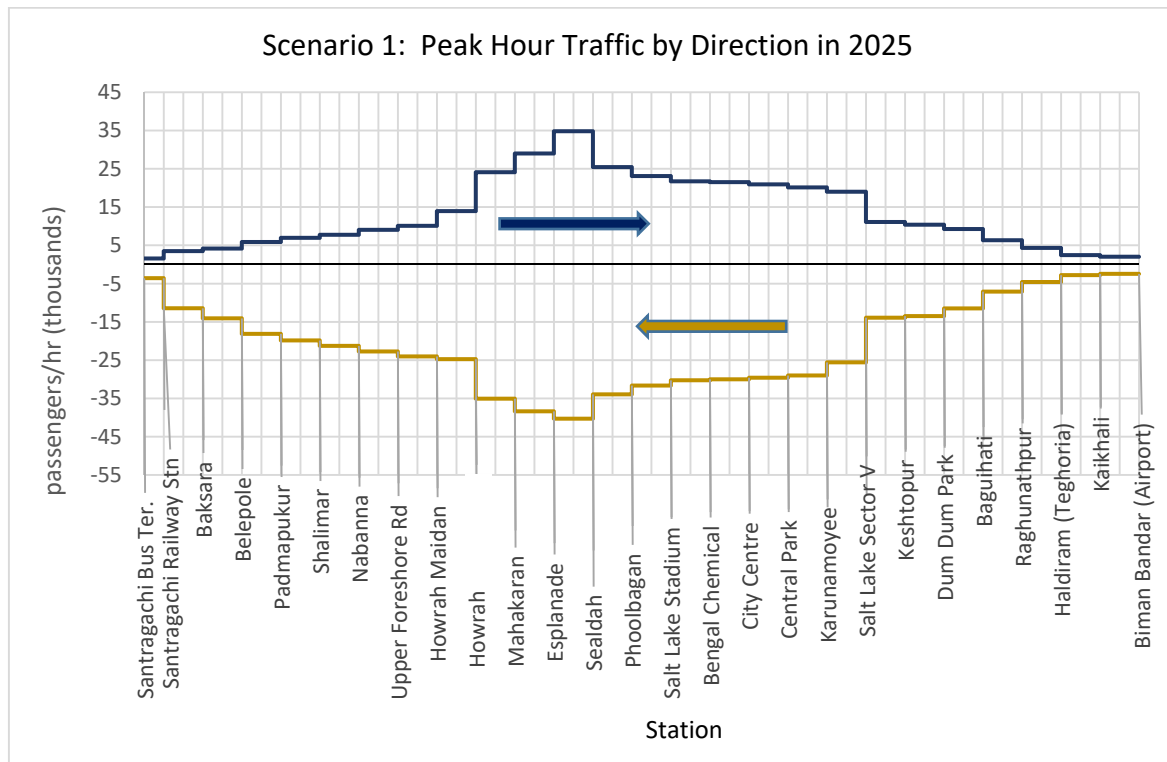
| From | To | 2025 | | PHPDT | 2035 | | PHPDT |
|-------------------|--------------------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
| | | Eastward | Westward | | Eastward | Westward | |
| Howrah Maidan | Howrah | 13,909 | 24,767 | 40,322 | 17,403 | 31,085 | 52,287 |
| Howrah | New Mahakaran | 24,075 | 35,076 | | 31,616 | 45,559 | |
| New Mahakaran | Esplanade | 28,976 | 38,387 | | 38,149 | 49,943 | |
| Esplanade | Sealdah | 34,786 | 40,322 | | 44,863 | 52,287 | |
| Sealdah | Phoolbagan | 25,429 | 33,932 | | 32,351 | 43,966 | |
| Phoolbagan | Salt Lake Stadium | 23,066 | 31,636 | | 29,454 | 41,208 | |
| Salt Lake Stadium | Bengal Chemical | 21,684 | 30,291 | | 28,001 | 39,901 | |
| Bengal Chemical | City Centre | 21,474 | 30,039 | | 27,781 | 39,644 | |
| City Centre | Central Park | 20,923 | 29,584 | | 27,201 | 39,224 | |
| Central Park | Karunamayee | 20,107 | 29,022 | | 26,157 | 38,581 | |
| Karunamayee | Salt Lake Sector V | 18,967 | 25,572 | | 24,704 | 33,597 | |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

表 4.2.10 ピーク時区間別方向別交通量 (シナリオ-2) (人/時)

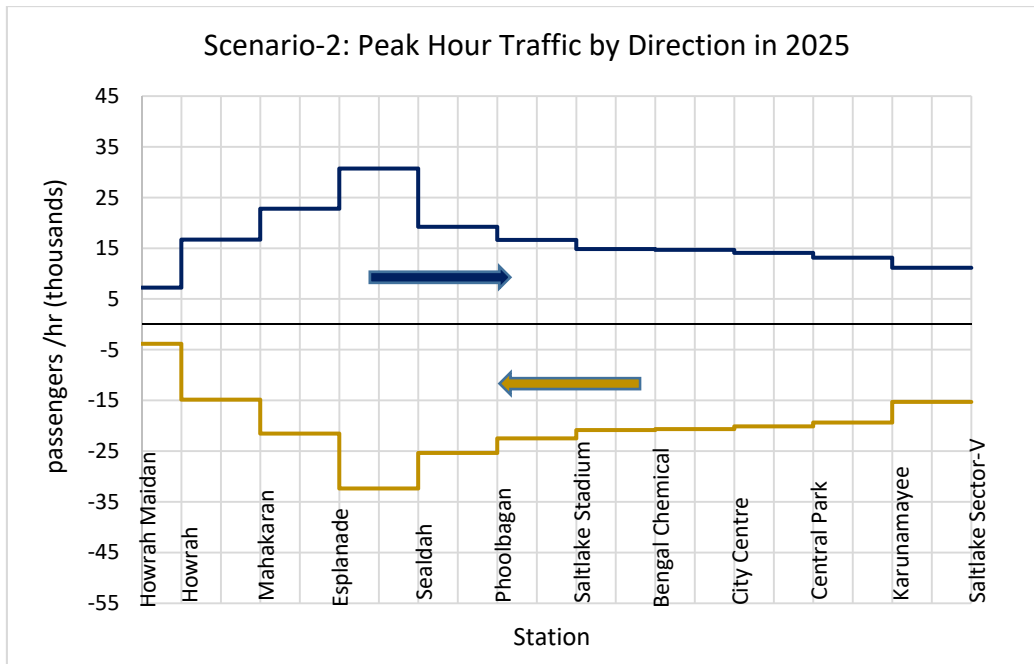
| From | To | 2025 | | PHPDT | 2035 | | PHPDT |
|-------------------|--------------------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
| | | Eastward | Westward | | Eastward | Westward | |
| Howrah Maidan | Howrah | 7,215 | 3,853 | 32,386 | 9,353 | 4,882 | 42,730 |
| Howrah | New Mahakaran | 16,691 | 14,859 | | 22,541 | 20,257 | |
| New Mahakaran | Esplanade | 22,793 | 21,549 | | 30,720 | 29,297 | |
| Esplanade | Sealdah | 30,689 | 32,386 | | 40,041 | 42,730 | |
| Sealdah | Phoolbagan | 19,220 | 25,358 | | 24,670 | 33,304 | |
| Phoolbagan | Salt Lake Stadium | 16,630 | 22,496 | | 21,533 | 29,738 | |
| Salt Lake Stadium | Bengal Chemical | 14,840 | 20,849 | | 19,681 | 28,151 | |
| Bengal Chemical | City Centre | 14,677 | 20,678 | | 19,514 | 27,980 | |
| City Centre | Central Park | 14,073 | 20,139 | | 18,907 | 27,490 | |
| Central Park | Karunamoyee | 13,110 | 19,381 | | 17,708 | 26,639 | |
| Karunamoyee | Salt Lake Sector V | 11,146 | 15,312 | | 15,125 | 20,804 | |

出典 : Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017



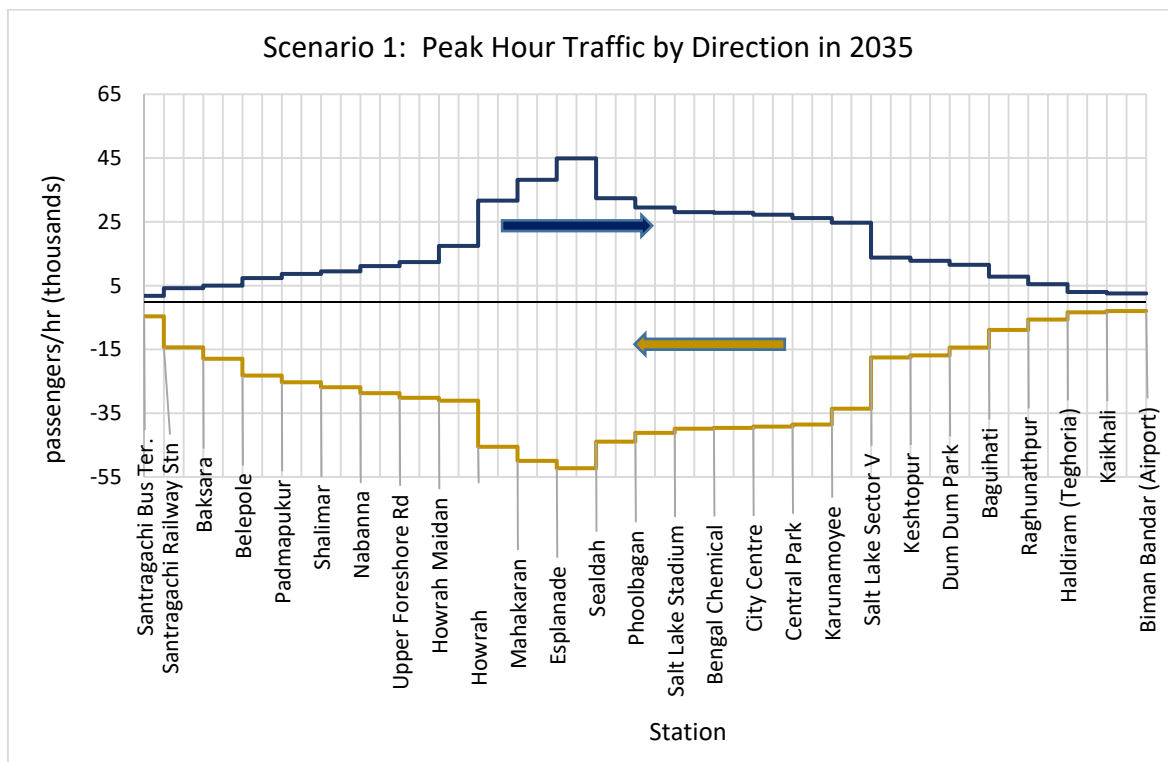
出典 : Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.6 2025 年東西線ピーク時区間別通過旅客数 (シナリオ-1)



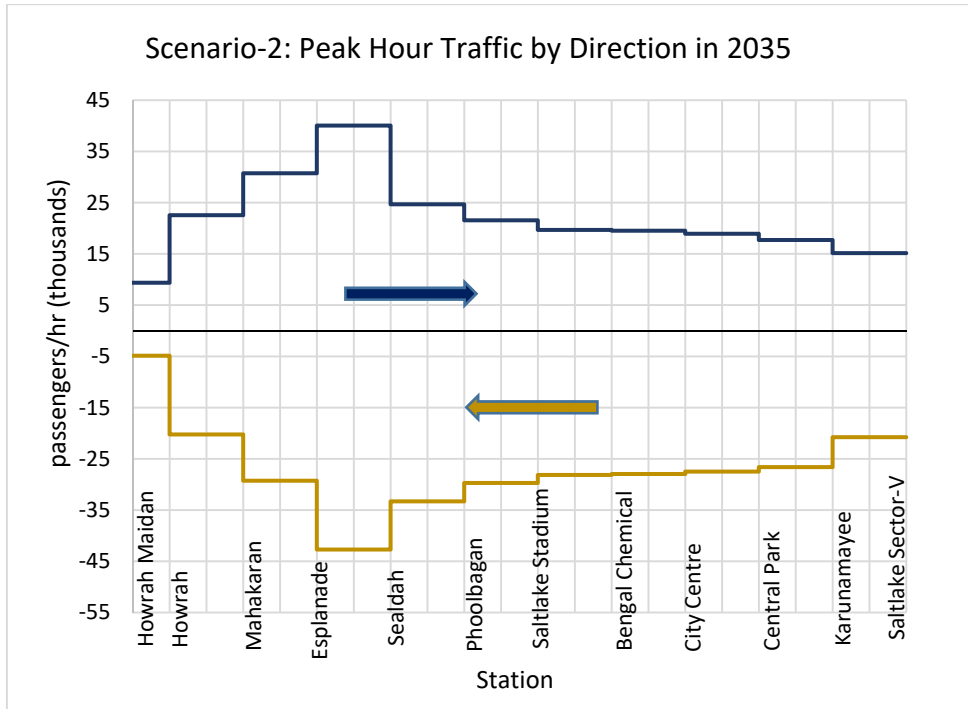
出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.7 2025 年東西線ピーク時区間別通過旅客数（シナリオ-2）



出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.8 2035 年東西線ピーク時区間別通過旅客数（シナリオ-1）



出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

図 4.2.9 2035 年東西線ピーク時区間別通過旅客数（シナリオ-2）

(4)乗り換え旅客数

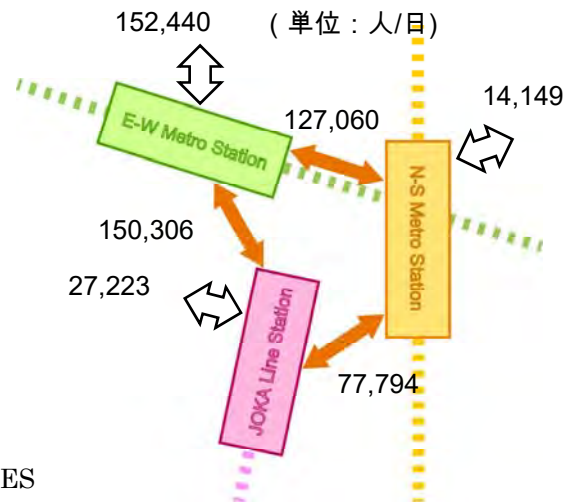
Esplanade 駅における乗客数のうちの約 8 割は地下鉄相互の乗り換え客で占められている。たとえば、2035 年における Esplanade 駅の乗客数の合計は約 45 万人であるが、そのうちの約 9 万人は地下鉄どうしの乗り換え客となっている（表 4.2.11 参照）。

表 4.2.11 Esplanade 駅における乗り換え旅客数数（シナリオ-2）（人/日）

| Particulars | 2025 | 2035 | 2050 |
|---|---------|---------|---------|
| Total boarding at Esplanade (including all three Lines and Surrounding Zones) | 379,526 | 448,705 | 517,593 |
| Boarding at Esplanade from Surrounding Zones | 78,973 | 93,546 | 111,714 |
| Total Interchange boarding at Esplanade (from all three lines) | 300,281 | 355,159 | 405,879 |

出典：RITES

最も多い乗り換えは東西線～JOKA 線で約 15 万人、次いで東西線～南北線の約 13 万人となっており、東西線と他の路線との乗り換えが多い。



出典：RITES

図 4.2.10 Esplanade 駅乗り換え需要量（2035 年）
4-17

(5)路線別利用者数

Scenario-1、2とも2035年以降は東西線の利用者数が最も多くなり、コルカタ都市圏で最も重要な路線となる。伸び率では空港線が最も高く、次いで東西線となる。東西線は、その延伸の有無によって需要が大きく異なっており、その延伸効果は大きいと考えられるが、現時点ではその整備時期は未定である。

表 4.2.12 路線別地下鉄利用者数

| | Scenario-1 | | | Scenario-2 | | |
|--------|------------|-----------|-----------------|------------|-----------|-----------------|
| | 2025 | 2035 | Growth Rate (%) | 2025 | 2035 | Growth Rate (%) |
| 南北線 | 980,966 | 1,047,607 | 0.7% | 920,056 | 981,822 | 0.7% |
| 東西線 | 1,450,354 | 1,805,938 | 2.2% | 769,450 | 998,872 | 2.6% |
| JOKA 線 | 436,577 | 503,065 | 1.4% | 393,406 | 455,312 | 1.5% |
| 空港線 | 488,310 | 673,951 | 3.3% | 519,602 | 717,772 | 3.3% |
| 合計 | 3,356,207 | 4,034,561 | 1.9% | 2,602,537 | 3,153,778 | 1.9% |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

4.2.3 前回調査結果との比較

(1)一人当たり交通発生量

今回推計された一人当たり交通発生量（Average per capita trip rates: PCTR）は1.21となっており、前回調査結果（2004年）よりも若干多くなっている（図 4.2.11）。これは経済活動の活性化によって交通も増加したものと想定される。



出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.11 前回調査結果との一人当たり発生交通量の比較

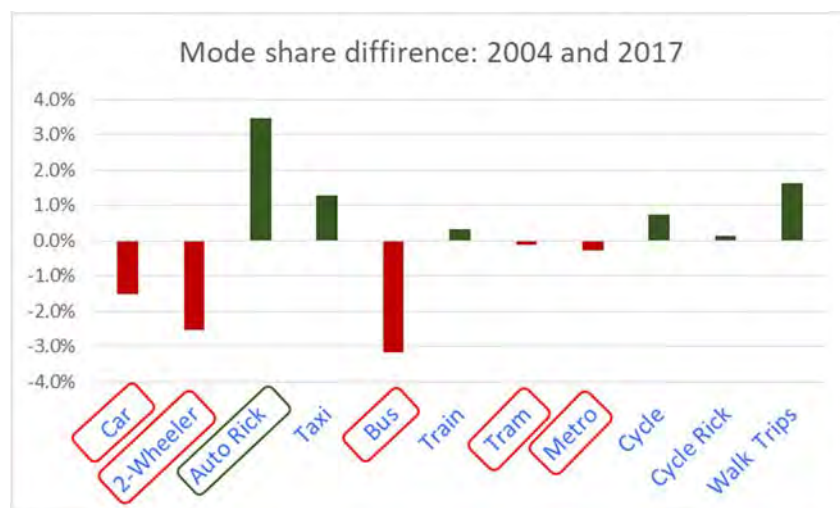
(2)交通手段分担率

前回調査と今回調査における交通手段別分担率を表 4.2.13、図 4.2.12 に示す。自家用車、二輪車、バスの分担率が減少し、オートリキシャが増加している。地下鉄はわずかであるが減少している。

表 4.2.13 前回調査結果との交通手段別分担率の比較

| Mode | No. of Trips | | Share | |
|--------------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| | 2004 | 2017 | 2004 | 2017 |
| Car | 326,887 | 300,461 | 4.9% | 3.4% |
| 2-Wheeler | 551,519 | 511,474 | 8.3% | 5.8% |
| Auto Rick | 56,6487 | 1,060,943 | 8.5% | 12.0% |
| Taxi | 68,774 | 202,657 | 1.0% | 2.3% |
| Bus | 3,198,707 | 3,977,151 | 48.0% | 44.8% |
| Train | 342,219 | 481,853 | 5.1% | 5.4% |
| Tram | 23,428 | 24,481 | 0.4% | 0.3% |
| Metro | 23,0630 | 286,202 | 3.5% | 3.2% |
| Cycle | 201,193 | 330,936 | 3.0% | 3.7% |
| Cycle Rick | 221,620 | 306,285 | 3.3% | 3.5% |
| Walk Trips | 935,696 | 1,386,236 | 14.0% | 15.6% |
| Total | 6,667,160 | 8,868,679 | 100.0% | 100.0% |

出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

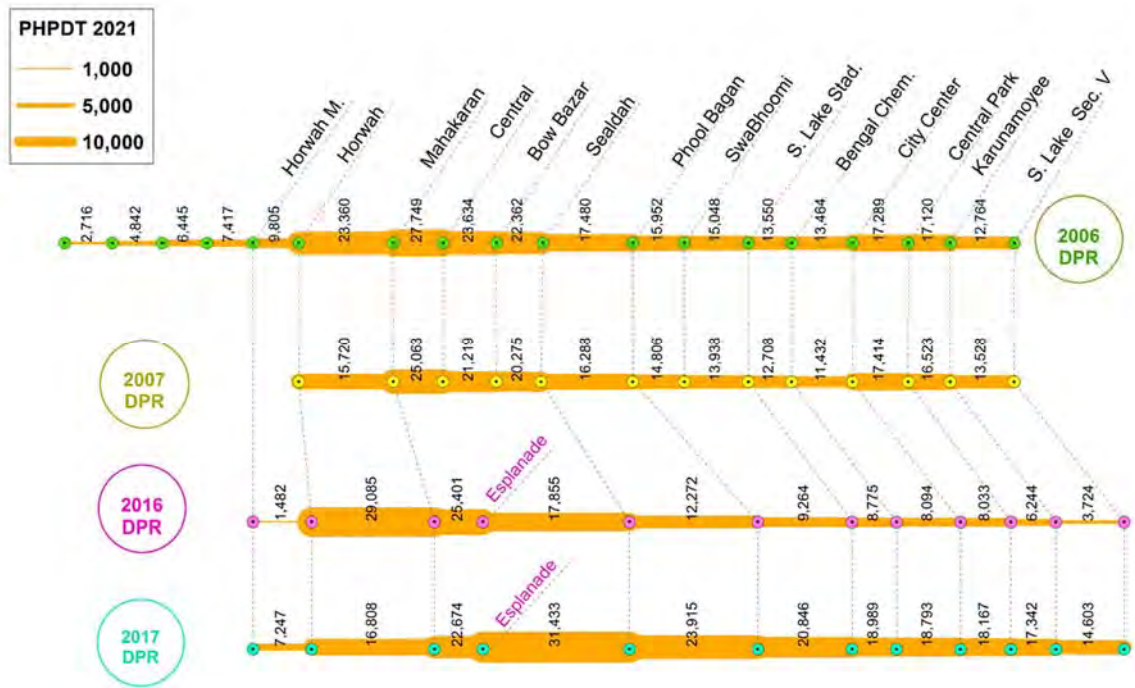


出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.12 交通手段分担率の変化

(3)以前の推計結果との比較

地下鉄東西線の需要推計はこれまで4度行われてきた。図 4.2.13 及び図 4.2.14 は区間別ピーク時交通量、日当たり駅別乗車人数をそれぞれ示す。2006年及び2007年 DPR は路線自体が異なり、2016年 DPR は他の地下鉄ネットワークが異なっている。したがって、これらの推計結果をそのまま比較することはできない。しかし、今回の路線変更が2016年 DPR を前提にしているとすれば2016年 DPR との比較は実施しておくべきである。



出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.13 各種 DPR における PHPDT の比較 (2021 年)



Total daily ridership (number of daily boarding) in 2021

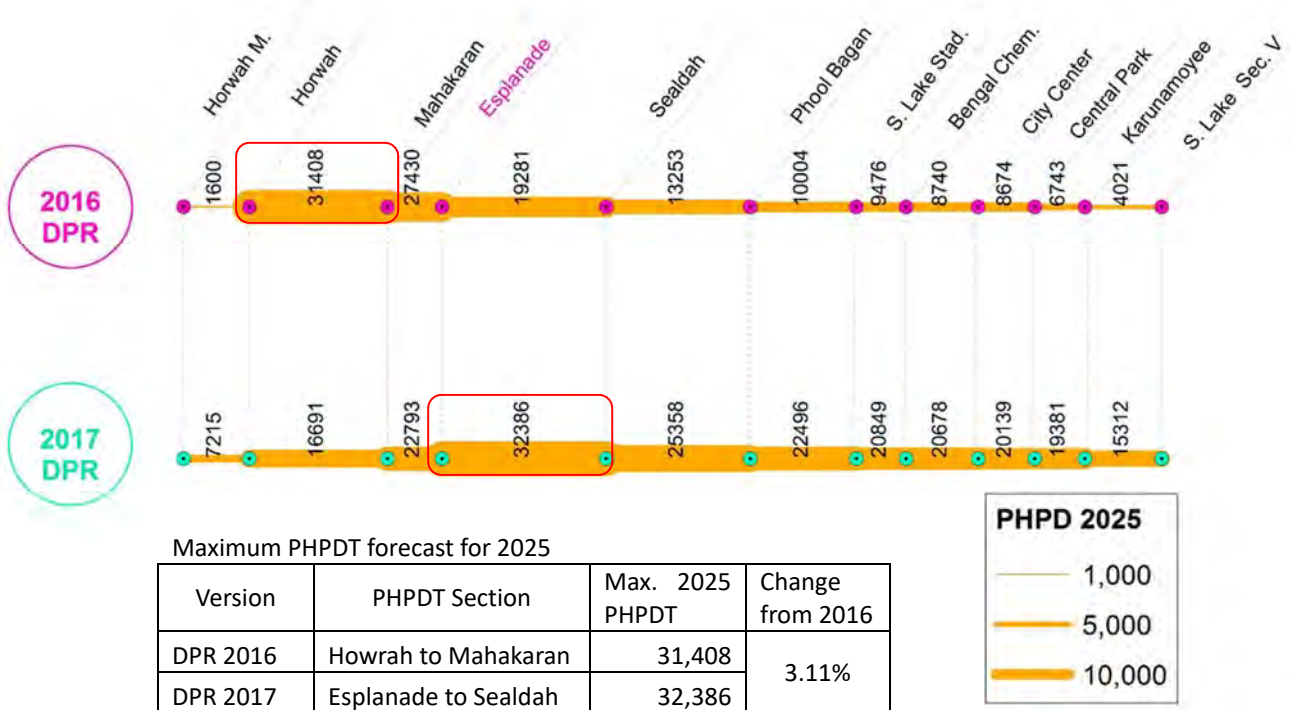
| 2006 DPR | 2007 DPR | 2016 DPR | 2017 DPR |
|----------|----------|----------|----------|
| 675,998 | 540,550 | 748,557 | 692,339 |

出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.14 各種 DPR における駅別乗車客数の比較 (2021 年)

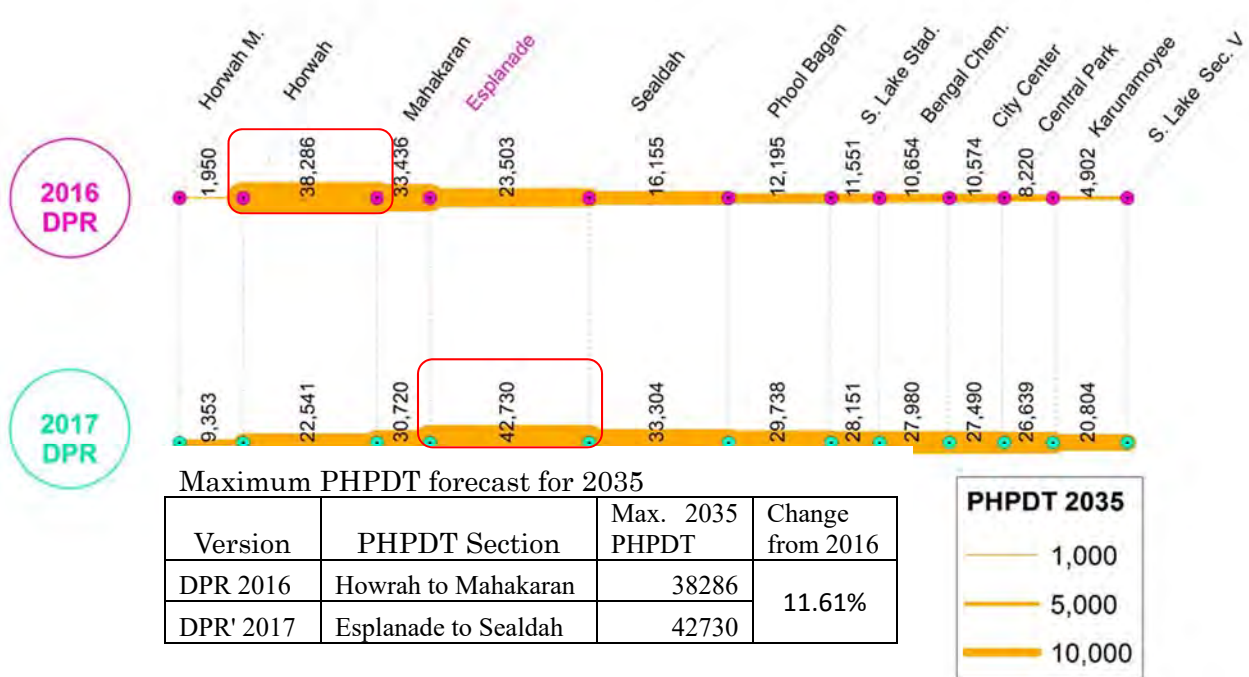
図 4.2.15 及び図 4.2.16 に 2016 年 DPR と今回推計結果の 2025 年及び 2035 年区間別ピーク時通過旅客数を示す。PHPDT を示す区間は 2016 年 DPR では Howrah～Mahakaran 間であったが、今回推計結果

では Esplanade~Sealdah 間となっている。PHPDT はいずれも今回推計結果の方が多くなっており、2025 年では 3.1%、2035 年では 11.6%の増加となっている。



出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.15 2016 年 DPR と今回予測値の PHPDT 比較 (2025 年)



出典：RITES 資料をもとに JICA 調査団作成

図 4.2.16 2016 年 DPR と今回予測値の PHPDT 比較 (2035 年)

4.2.4 需要予測の妥当性

4.2.1 項で述べたように今回の需要予測は 2006 年に実施された予測手法と同じく 4 段階推計法が採用されている。そして、2006 年で採用されたモデルよりも改良されており、手法的には問題がない。

また、予測結果を他の路線や他都市の事例と比較すると以下のことが言える。

- 表 4.2.14 にコルカタ東西線、ムンバイ及びアーメダバードの需要予測結果との比較を示す。予測年度が若干異なるためそのまま比較することはできないが、東西線の km 当たりの利用者数は他の路線に比べてかなり多くなっている。理由として考えられるのは、他の路線と接続する箇所が多く、東西線沿線だけでなく、他の沿線の利用者も呼び込んでいるということである。また、郊外の新規住宅地（Salt Lake）と中心部の商業業務地を連絡するとともに、国際空港とも接続するという鉄道需要に見合った路線形態も影響していると言える。
- コルカタ首都圏の鉄道駅で、現況でも乗降客数の多い駅は Sealdah 駅 1,093,852 人/日、Howrah 駅 793,273 人/日等であり²、東西線の中で最も多い乗降客数を示す Esplanade 駅の 379,526 人/日（2025 年）はそれらと比べると決して多い結果ではない。

表 4.2.14 他都市の需要予測結果との比較

| 路線名 | 路線延長 | 日当たり利用者数 | | km 当たり利用者数 | | PHPDT | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|--------|--------|
| | | 2021 | 2031 | 2021 | 2031 | 2021 | 2031 |
| Mumbai Metro Line 3 | 32.546 km | 1,214,000 | 1,690,000 | 36,200 | 50,400 | 34,100 | 47,400 |
| Ahmedabad Metro Phase-I | 37.734 km | 669,820 | 1,123,442 | 17,800 | 29,800 | 13,902 | 21,994 |
| Kolkata Metro N-S (延伸含む) | 31.33 km | 920,056 | 981,822 | 29,400 | 31,300 | 20,491 | 23,432 |
| Kolkata Metro E-W | 15.649 km | 769,450 | 998,872 | 49,200 | 63,800 | 32,386 | 42,730 |

出典：Mumbai Metro Line 3 Ridership Study, December 2011, Mumbai Metro Rail Corporation Limited
DPR for Ahmedabad Metro Rail Project (Phase-I), March 2015, Delhi Metro Rail Corporation LTD.

すなわち、今回の需要予測結果は妥当であると結論できる。また、シナリオ 1 とシナリオ 2 の違いは、東西線の延伸（西は Santragachi Bus Terminal、東は Biman Bandar International Airport まで）があるかどうかである。東西線の延伸は長期的には想定されるものの、現時点ではまだその計画熟度は低い。したがって、本検討においては今後、シナリオ 2 を前提に分析を行うこととする。

また、RITES が実施した需要予測の前提となる社会経済フレームを表 4.2.15 に示す。これらの値は過去のトレンドから推計されたものであるが、想定を下回れば東西線の需要も低くなると考えられる。さらに、需要予測結果に影響を与える要因としては、他の路線の整備状況が考えられる。特に、空港線及び Joka 線の整備は、東西線の需要に直接影響を与える。空港線は現在、2020 年の運行開始に向けて工事中であるが、Joka 線については工事の遅れも指摘されており、Esplanade 駅及び周辺開発と合わせて動向を見守っていく必要がある。

表 4.2.15 需要予測の前提条件

| 年 | 夜間人口 | 就業者数 | 就業比率 (%) |
|------|-----------|-----------|----------|
| 2017 | 7,311,282 | 3,205,493 | 43.80 |
| 2025 | 8,228,867 | 3,608,188 | 43.85 |
| 2035 | 8,962,260 | 3,938,565 | 43.95 |
| 2050 | 9,568,054 | 4,209,808 | 44.00 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

² TrafficSurvey Report for the Study on Traffic Demand Forecast by RITES, April 2017

4.3 運行計画の確認

(1)最小運転間隔

最小運転間隔はピーク時における区間別最大通過旅客数（PHPDT：Peak Hour Peak Direction Traffic）を適正な混雑状況で輸送を可能とする間隔となる。

1)PHPDT

前出の 4.2 章で示したように、当該路線における PHPDT³は下表のように整理される。

表 4.3.1 年次別 PHPDT（人）

| 2025 年 | 2035 年 |
|--------|--------|
| 32,386 | 42,730 |

出典：Study on Traffic Demand Forecast Final Report by RITES, November 2017

2)列車乗車定員

列車乗車定員は座席数と床面積を 8 人/m²で除した定員の合計で示される。これは、インド国の他のメトロ計画（ハイデラバード、チェンナイ等）と同様に「Standardization of Broad Parameters of Rolling Stock for Metro Railway in India」（April 2017）に基づいた仕様である。列車 1 編成の車両構成（6 両編成）は、DMC-TC-MC-MC-TC-DMC⁴という構成であり、それぞれの車両の定員は表 4.3.2 のように示される。したがって、列車容量は、 $326+354\times 4+326=2,068$ 人となる⁵。

表 4.3.2 車両定員（人）

| | MC（電動車） | DMC（運転台付き電動車） | TC（トレーラー車） |
|------|---------|---------------|------------|
| 座席定員 | 50 | 43 | 50 |
| 立席定員 | 304 | 283 | 304 |
| 合計 | 354 | 326 | 354 |

出典：BEML

3)最小運転間隔

PHPDT と AW4⁶の条件による 1 列車当たりの乗車定員 2,068 人から下式によって最小運転間隔が計算される。計算結果を表 4.3.3 に示す。

$$\text{最小運転時隔} = 60 \text{ 分} \div (\text{PHPDT} \div 2068)$$

表 4.3.3 最小運転間隔（分）

| 2025 年 | 2035 年 |
|--------|--------|
| 3.8 | 2.9 |

出典：JICA 調査団

(2)運行速度及び周回所要時間

JICA 調査団はコルカタ東西メトロの最新線形データと車両メーカーが作成した引張力曲線⁷を使用して独自に運転曲線図を作成し駅間の運転時分を査定した。運転曲線は加速度及び減速度 1.0m/s² (3.6km/h/s)を用いて計算した（表 4.3.4、図 4.3.1、図 4.3.2 参照）。その結果、始点から終点までの所要時間は西向きが 20 分 45 秒、東向きが 20 分 50 秒、平均走行速度は 36.4km/h となった。

列車回帰時間は以下の通りである

³ PHPDT：以後の検討はすべてシナリオ 2 を前提に進める。

⁴ DMC、TC、MC はそれぞれ Driving Motor Car、Trailer Car、Motor Car を示す。

⁵ 日本における基準は立席で 0.3 m²/人となっており、それを適用すると列車容量は 1,020 人となる。したがって、2,068 人の混雑率は $2,068 \div 1,020 = 203\%$ となる。

⁶ AW4：Employer's Requirements-Technical Specification 3.4 Passenger capacity table3-4 に Dense Crush 時の乗車人員が座席定員 + 立席定員 8 名/m²の時の状態を AW4 の条件としている。

⁷ 引張力曲線：運転計画で使用する基本的な曲線。動力車の速度と引っ張り力との関係を表す曲線

- a) 走行時間：20分50秒+20分45秒=41分35秒
- b) 停車時間：30秒×10駅×2=10分
- c) 折り返し時間：5分×2=10分
- d) 列車回帰時間：a)+b)+c)=61分35秒
- e) 平均運行速度：15.649km×2÷(a+b)=36.4km/h

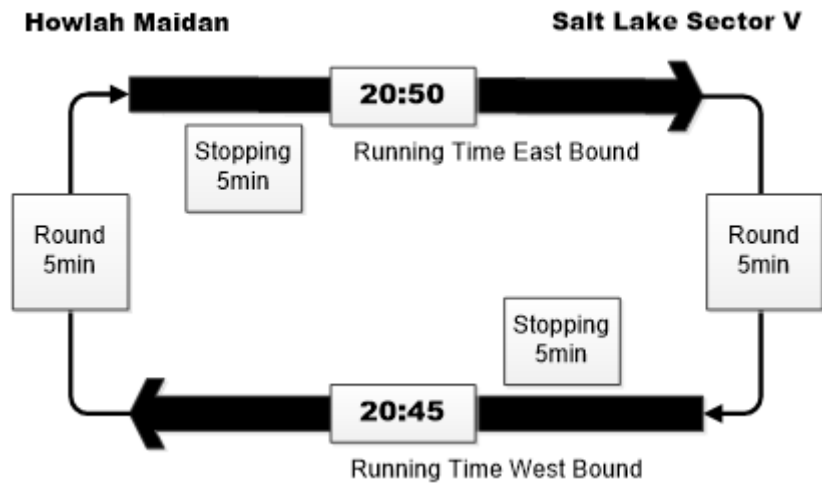


表 4.3.4 駅間距離、走行時間、走行速度

| | Station | Kilometerage | Disance | West Bound | | East Bound | |
|----|-------------------|--------------|---------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | Running Time | Train Speed | Running Time | Train Speed |
| 1 | Salt Lake Sect-V | 0.000 | | | | | |
| 2 | Karumamoyee | 1.228 | 1.228 | 1:45 | 42.1 | 1:50 | 40.2 |
| 3 | Central Park | 2.032 | 0.804 | 1:20 | 36.2 | 1:20 | 36.2 |
| 4 | City Center | 2.937 | 0.905 | 1:30 | 36.2 | 1:30 | 36.2 |
| 5 | Bengal Chemical | 4.085 | 1.148 | 1:45 | 39.4 | 1:45 | 39.4 |
| 6 | Salt Lake Stadium | 4.880 | 0.795 | 1:20 | 35.8 | 1:20 | 35.8 |
| 7 | Phool Bagan | 6.578 | 1.698 | 2:20 | 43.7 | 2:20 | 43.7 |
| 8 | Sealdah | 8.885 | 2.307 | 2:30 | 55.4 | 2:30 | 55.4 |
| 9 | Esplanade | 11.514 | 2.629 | 2:45 | 57.4 | 2:45 | 57.4 |
| 10 | New Mahakaran | 12.385 | 0.871 | 1:25 | 36.9 | 1:25 | 36.9 |
| 11 | Howrah | 14.592 | 2.207 | 2:30 | 53.0 | 2:30 | 53.0 |
| 12 | Howrah Maidan | 15.649 | 1.057 | 1:35 | 40.1 | 1:35 | 40.1 |
| | Total | 15.649 | | 20:45 | 45.3 | 20:50 | 45.1 |

出典：JICA 調査団

駅間距離、駅間所要時間、駅間走行速度の最小、最大はそれぞれ以下のとおりである。

駅間距離

最小：0.795km(Bengal Chemical - Salt lake Stadium)

最大：2.629km (Sealdah - Esplanade)

駅間所要時間

最小：1分20秒 (Bengal Chemical - Salt Lake Stadium, and etc.)

最大：2分50秒 (Sealdah - Esplanade, and etc.)

駅間走行速度

最小：33.7km/h (Bengal Chemical - Salt Lake Stadium)

最大：57.4km/h (Sealdah - Esplanade)～

また、駅間運転時分を検討するための東行き及び西行き列車の運転曲線図を図 4.3.1 及び図 4.3.2 に示す。縦軸は速度と時間、横軸は距離をそれぞれ表している。1目盛りの単位は、縦軸の時間は1分、速度は10km/hである。横軸の距離は1目盛1kmである。曲線は台形様の曲線が速度と距離の関係を表し、右上がりの曲線は時間の推移を表している。

(3)必要車両数

需要予測の見直し結果（第4.2節参照）⁸と JICA 調査団が推計した列車回帰時間（第4.3節(2)参照）をもとに必要車両数を算定したものが表 4.3.5 である。予備の列車本数（3編成）を考慮すると、2025年には114両、2035年には144両が必要となる。また、予備編成数の内訳は、検修予備（重要部、全般検査）1編成、運用予備（定期検査含む）2編成の合計3編成である。

表 4.3.5 必要車両数の見直し

| | 2025 | 2035 |
|-----------------|--------|--------|
| PHPDT | 32,386 | 42,730 |
| 乗車定員 (人) | 2,068 | 2,068 |
| ピーク時間帯列車本数 (往復) | 15.7 | 20.7 |
| ピーク時運転間隔 (分) | 3.8 | 2.9 |
| 列車回帰時間 (分) | 61.5 | 61.5 |
| 所要列車編成数 | 16 | 21 |
| 予備列車編成数 | 3 | 3 |
| 列車編成数合計 | 19 | 24 |
| 所要車両数 | 114 | 144 |

出典：JICA 調査団

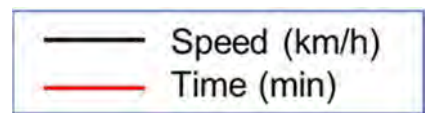
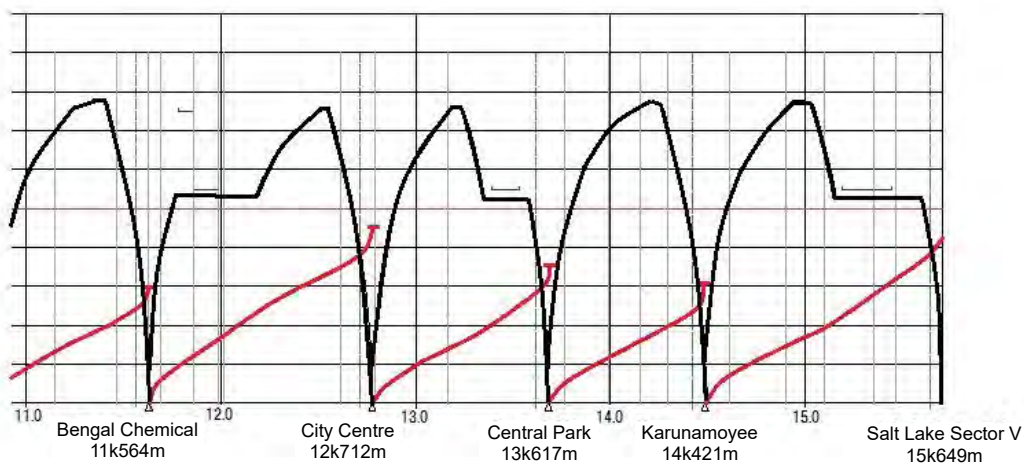
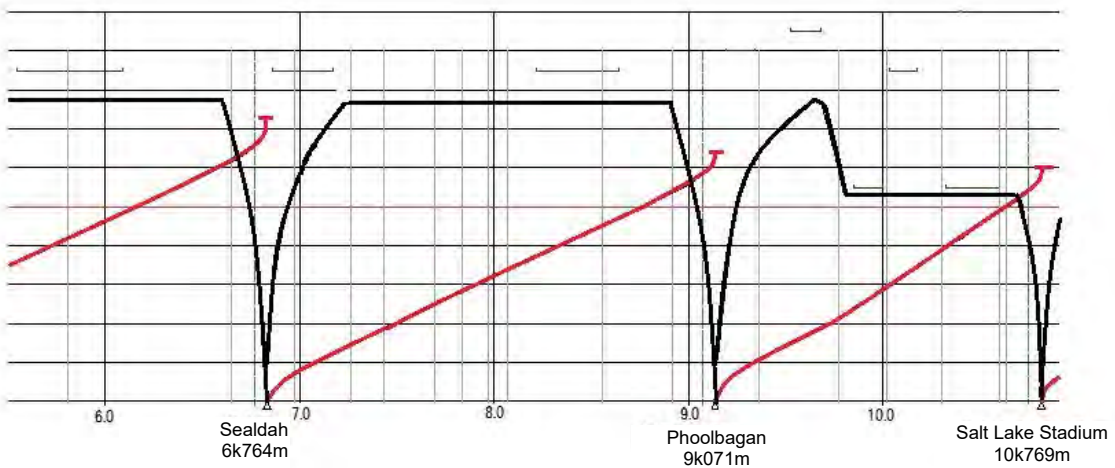
(4)運行計画

列車の運行時間帯は、修正 DPR によると 07:00 から 22:00 までの 15 時間である。

運転間隔はピーク、オフピークの各時間帯における輸送需要に応じた間隔を設定する必要がある。ピーク時間は朝夕の通勤時間帯である。ピーク時の運転間隔は PHPDT に応じて査定された最小運転時隔を適用するのが最善であるが、電気・機械計画、信号・通信設備計画、車両基地計画等との調整が必要である。オフピークの運転間隔はピーク時間対の2倍程度とし、ピークからオフピークへの移行時間帯はその中間程度とし、車両の留置計画との調整も必要となる。

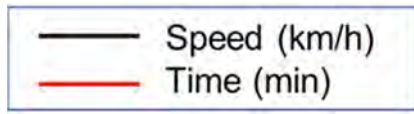
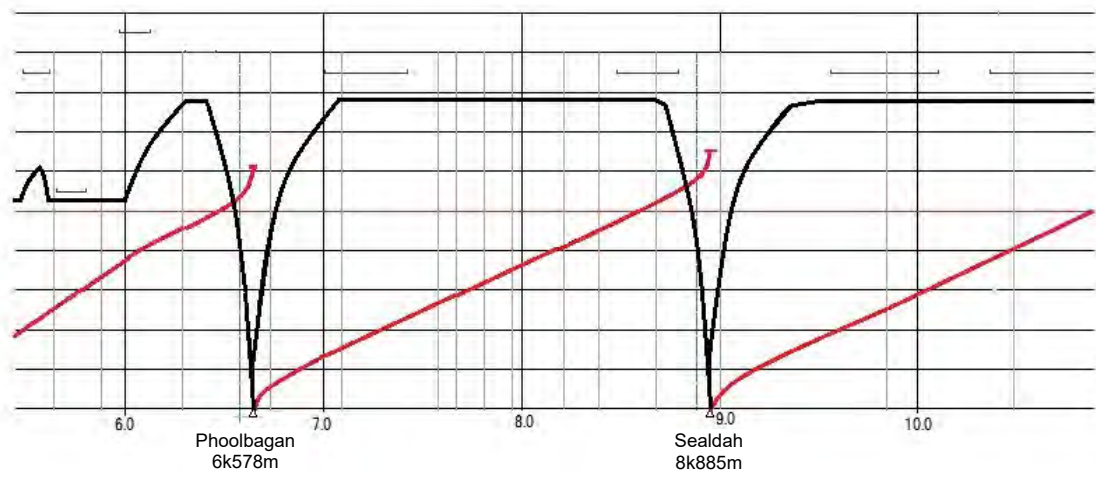
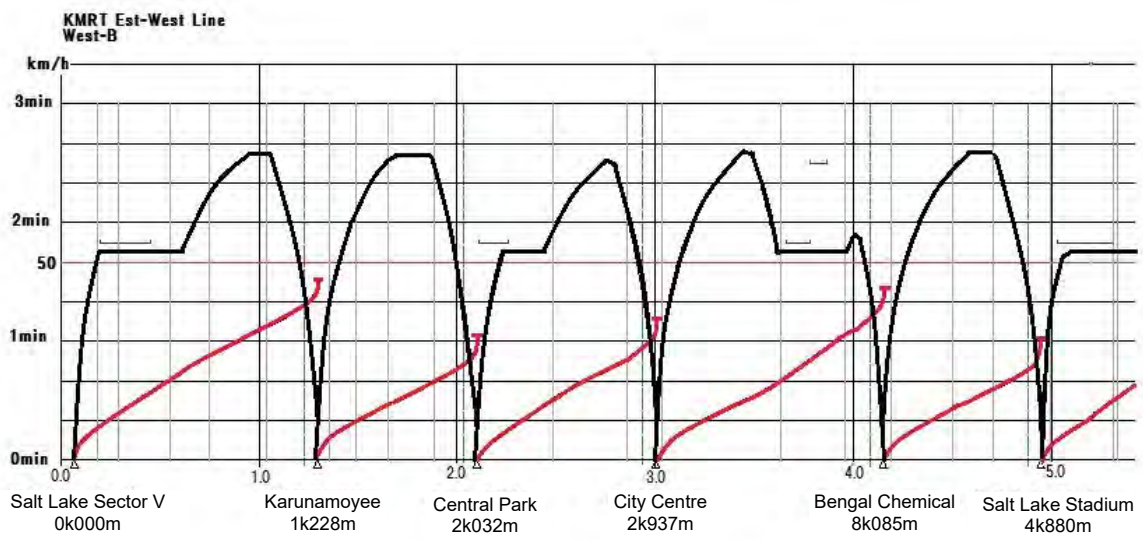
⁸ Scenario-1 は東西線の延伸を見込んだものであるが、現実的な Scenario-2 が KMRCL との協議によって採用された。

**KMRT West-Est Line
Est-B**



出典：JICA 調査団

図 4.3.1 運転曲線図 Howrah Maidan ->Salt Lake Sector V



出典：JICA 調査団

図 4.3.2 運転曲線図 Salt Lake Sector V → Howrah Maidan

4.4 事業スコープの確認

4.4.1 軌道

(1) インド国における軌道構造

インド国内で供用中の7都市のメトロにおける軌道構造を調査し、表 4.4.1 に整理した。軌間は標準軌 1,435mm と広軌 1,676mm に分類され、地下鉄導入創世期にあたる Kolkata (南北線) と Delhi の二事業のみが、広軌 1,676mm を採用している。これは 1850 年代に導入されたインド国鉄の軌間 1,676mm の影響があると考えられる。レール構造は、すべての事業において高規格である 60kg/m が採用されている。バラスト構造もすべての事業でバラストレス軌道が採用されており、メンテナンス性、乗り心地、騒音・振動の低減による評価がなされたものといえる。

表 4.4.1 インド国内の地下鉄事業における軌道構造

| 地下鉄事業名 | 軌間 | レール構造 | 軌道構造 | 備考 (供用開始) |
|---------------|--------|--------|------|-----------|
| Kolkata (南北線) | 1676mm | 60kg/m | BLT | 1984y |
| Delhi | 1676mm | 60kg/m | BLT | 2002y |
| Bangalore | 1435mm | 60kg/m | BLT | 2011y |
| Gurgaon | 1435mm | 60kg/m | BLT | 2013y |
| Mumbai | 1435mm | 60kg/m | BLT | 2014y |
| Chennai | 1435mm | 60kg/m | BLT | 2015y |
| Jaipur | 1435mm | 60kg/m | BLT | 2015y |
| Kolkata (東西線) | 1435mm | 60kg/m | BLT | ----- |

出典：JICA 調査団

(2) コルカタ地下鉄での採用軌道

先に整理したように、軌道構造は事業開始時期が大きく影響している。2010 年以降供用の地下鉄事業では、標準軌 1,435mm が採用される傾向にあり、コルカタ地下鉄東西線も同様の規格を採用していることから、既往事例と比較して妥当といえる。なお、軌間、レール・バラスト等の軌道構造は、一部区間の路線変更で見直すべき対象ではないことから、路線変更による見直しも必要ない。

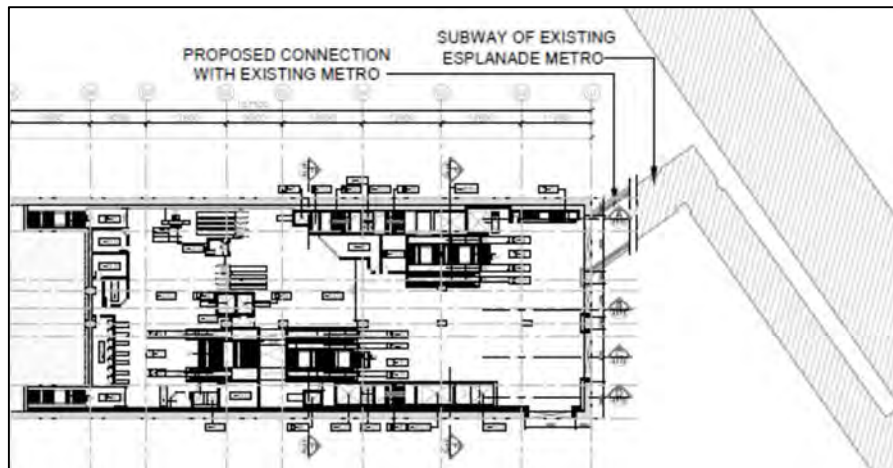
4.4.2 土木施設

(1) 土木施設

1) 駅本体構造

路線変更対象区間には Esplanade 駅 (11.514km)、New Mahakaran 駅 (12.385km) の 2 駅が計画されている。DPR によれば、駅本体躯体は幅約 20m もしくは約 30m、長さ約 210m、側壁は厚さ 1.2m の地下連続 RC 壁構造であるとの記載がなされているが、関係図面は添付されていない。そこで別途、構造一般図を入手し、計画位置、躯体規模等を確認した。構造一般図によると、両駅共に、鉄筋コンクリート構造となっており、地下構造物として一般的な構造であり、DPR の記載内容とも一致している。

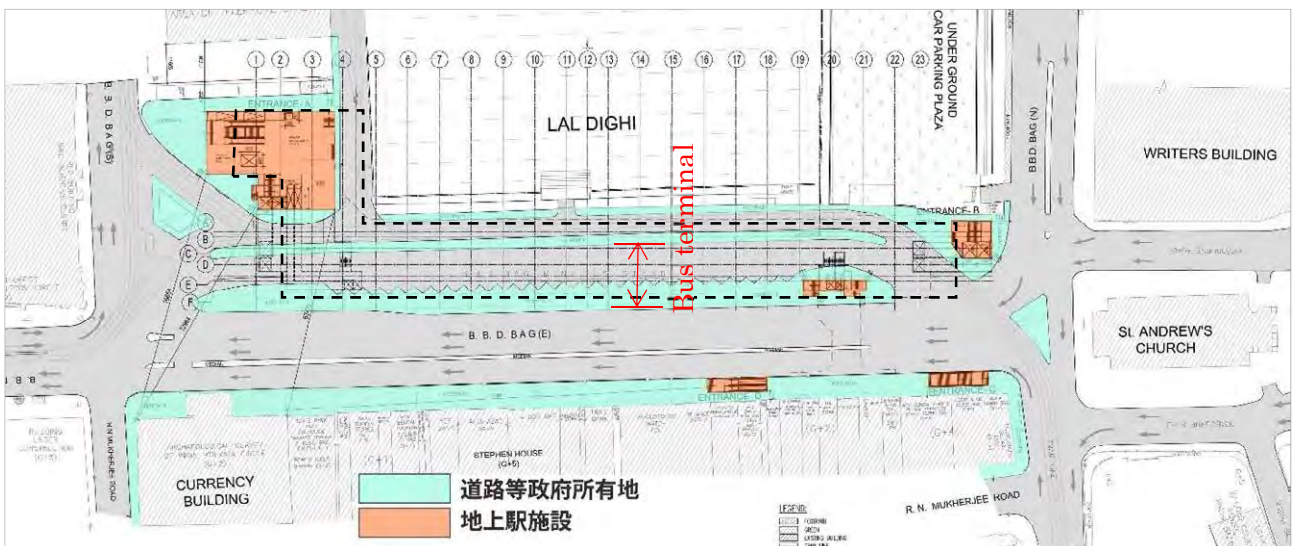
Esplanade 駅は 35m×215m、地下 4 層構造、New Mahakaran 駅は 23m×202m、地下 3 層構造、共に大規模な地下ボックスカルバート形式を採用している。Esplanade 駅は図 4.4.1 に示すよう、地下 1 階の側壁に開口が設置され、既存のメトロ南北線で出入り口と直結する計画との整合が図られている。



出典：GC (mycel) 提供

図 4.4.1 Esplanade 駅地下 1F 平面図

New Mahakaran 駅は、B.B.D. BAG Road と LAL DIGHI（人造湖）を避け、公共用地であるバスターミナルの敷地を中心に計画されている。したがって、両駅共に、旧線形で事業遅延の一因となった用地取得や施工期間中の現道交通への影響を最小限に抑えられる位置に駅を計画されていることから、駅計画位置についても妥当といえる。



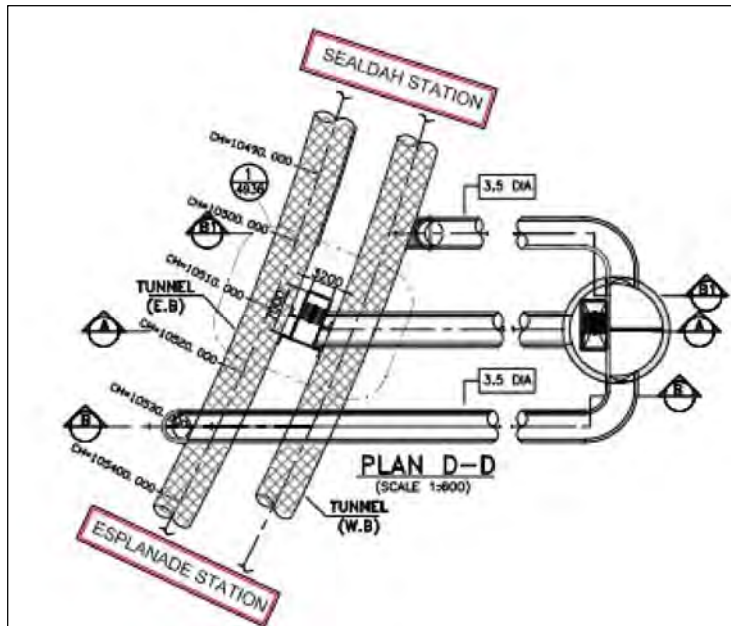
出典：GC (mycel) 提供

図 4.4.2 New Mahakaran 駅地上平面図

2)避難施設 (Cross Passage & Vent Shaft)

災害、緊急時に利用者が安全に避難できるよう、トンネル長、地下駅間距離に応じて退避施設を計画する必要がある。DPR では、駅間隔 1km 以下を基本とすべきという一般論に留まっている一方で、Sealdah 駅と Esplanade 駅の駅間距離は約 2.6km を示している。

本来、避難施設については、国際規格である NFPA130 に準拠し、「地下軌道区間については、隣駅との出入り口間隔を 762m(2,500ft)以上となっていけない。また Cross Passage は 244m 以上に一か所設置」とする必要がある。GC (mycel)より入手した路線計画平面図及び縦断図を確認したところ、Cross Passage は 250m 毎に一か所、Vent Shaft は Esplanade 駅と Sealdah 駅の間に位置する Subodh Mullick Square 脇の用地、また、Sealdah 駅と Phoolbagan 駅間、Mahakaran 駅と Howrah 駅間にも計画していることを確認した。また、Vent Shaft の構造詳細は図 4.4.3 の内容で現在計画中であることを確認した。以上より、避難施設については、国際規格に準拠した計画がなされており、妥当なものといえる。



出典：GC (mycel) 提供

図 4.4.3 換気シャフト計画一般図

(2) 施工方法

1) 施工方法の区分

DPR では、地下区間の掘削方法について記載されている。駅間すなわち隧道区間は、高架部から境界部となる起点部 5.39km~5.625km の延長 0.235km のみを開削工法とし、その他 10.12km をシールド工法としている。駅部は、多層ボックス構造であることから、シールド工法だけでは掘削断面が大きすぎて不可能であるため、開削工法が採用されている。なお、シールド発進基地は終点駅の Howrah Maidan 駅部に設ける方針であることも記載されている。

上記内容は、路線全体で統一した方針に基づくものであり、縦断線形と地表面レベルとの関係性、対象とする構造物規模・形状等により決定される。したがって、当路線変更区間についても同様の工法を採用することは妥当といえる。

2) 施工方法の分類

駅舎部と駅間部の掘削工法について、DPR を入手できたインド国内の類似プロジェクトに関して整理し、表 4.4.2 に示す。

表 4.4.2 各主要メトロの掘削方法

| 地下鉄事業 | 駅舎部 | 駅間部 |
|-----------|--------------------------------|------------------|
| コルカタ(東西線) | 開削工法 地下 RC 連続壁 | TBM (土圧式シールド) |
| チェンナイ | 開削工法 地下 RC 連続壁 | TBM |
| ムンバイ | 開削工法 地下 RC 連続壁 (一部 NATM) | TBM |

出典：JICA 調査団

駅部は、各地下鉄事業すべて、開削工法を採用している。ムンバイ地下鉄に関しては一部 NATM 工法を併用している。駅部は、先にも述べたように、本体躯体が多層のボックスカルバート構造になっているため、大断面の地下空間の確保が容易な開削工法が適している。このコルカタ東西線においても、他事業と同様、開削工法が採用されていることから、その選択は妥当といえる。

開削工法における土留め形式は、親杭横矢板式、鋼矢板式、ソイルセメント連続壁、および RC 連続壁等、主材料、施工方法の違いにより様々な形式が存在する。形式選定は壁面剛性、止水性、施工性、経済性を踏まえ、最適工法を選定することが望ましいとされている。当事業で採用される RC 連続壁は、壁面剛性が最も高く、特に止水性に極めて優れる工法であり、以下のような条件に適した工法である。この条件は、Sealdah 駅と Esplanade 駅の 2 駅についても、すべて合致していることから、軟弱地盤への配慮が十分なされている。

＜土留形式：RC 連続壁の適する諸条件＞

- 地下水位が高い地域
- 地盤が軟弱である地域
- 地形が平坦で施工ヤードが十分確保できる地域
- 周辺に構造物が近接しており掘削中の周辺への影響を抑える必要がある地域

駅間部は、土被りが大きいいため、構造的に円形断面が優れている。この円形断面を掘削する工法には、推進工法とシールド工法が挙げられるが、地下鉄事業のように km 単位の工事延長を要する場合には、後者のシールド工法が一般的に採用される。インド国内においても、表 4.4.2 にある通り、各主要地下鉄事業すべてにおいて、シールド工法が採用されており、当事業においても、このシールド工法を採用することは、妥当といえる。

シールド工法の仕様については、DPR において、土圧式マシンの採用が明記されていることを確認した。また、その他の仕様についても、ライニングの仕様、防水工、裏込め注入工、横断通路トンネル等についても記載されている。それらの内容を要約し、表 4.4.3 に示した。

表 4.4.3 シールド工法の仕様

| 項目 | 内容 |
|----------|--|
| ライニングの仕様 | プレキャストコンクリートライニングの仕様、セグメント製品精度、リング仕様 |
| 防水工 | 漏水制限：5ml/m ² /h、ガスケットの仕様、水膨張性の仕様 |
| 裏込め注入 | 二種類の混合タイプの仕様の推奨、等グラウトの仕様 |
| 横断通路トンネル | 国際標準である NFPA 130 に準拠すること、地盤補強のため地上部からのジェットグラウト注入が行われること、また補足的にトンネル内からのジェットグラウト注入も実施されることが記載。 |

出典：JICA 調査団

今回の路線変更区間についても、土被り、トンネル断面、駅間距離など、その他区間の条件と大きな違いはないことから、他区間と同様の TBM (土圧式シールド) での掘削は妥当なものといえ、駅部同様、軟弱地盤への十分な配慮がなされている。

3) 施工ヤード

施工ヤードは、各施工段階の建設機械、資材置き場等の配置計画を行い、必要エリアを想定する必要がある。開削工法の場合は、一般的に土留壁ラインに余裕幅を確保してエリア計画することが一般的である。DPR では施工ヤードに関する記載はないため、以下の 2 駅を現地調査し、施工ヤードの確認を行った。

まず、駅本体工事が開始している Howrah Maidan 駅を調査した。当駅では、土留壁から十分な余裕を確保して仮囲いが設置 (図 4.4.4) されており、またシールドセグメント置き場、掘削機械の余裕スペースなどが十分確保 (図 4.4.5) されていることが確認できた。



図 4.4.4 Howrah Maidan 駅土留壁と仮囲いの状況



図 4.4.5 Howrah Maidan 駅ヤード内の資材置場

路線変更区間の Esplanade 駅については、仮囲いが設置されており、土留壁施工のための資材、大型重機が配置された状況にある。今後、シールド機械の搬入や、掘削工事が進む計画であるが、工事着手済の他駅と同様に、土留壁を包括する形で施工ヤードを確保できている。また、施工ヤード周辺はトラム基地兼用の公園施設であることから、工事車両の駐停車も十分確保可能な好条件下にある。したがって、施工ヤードに関する問題は特にないと見える。

なお、New Mahakaran 駅についても、土留壁外側の仮囲いの設置工事が始まった状況にあるが、ミニバスターミナル施設用地での計画であるため、Esplanade 駅と同様、工事車両の駐停車も十分確保可能な好条件下にある。したがって、施工ヤードに関する問題は特にないと見える。



図 4.4.6 Esplanade 駅土留壁と仮囲（遠景）



図 4.4.7 Esplanade 駅仮囲いと重機（近景）

4)急曲線区間の施工上の留意点

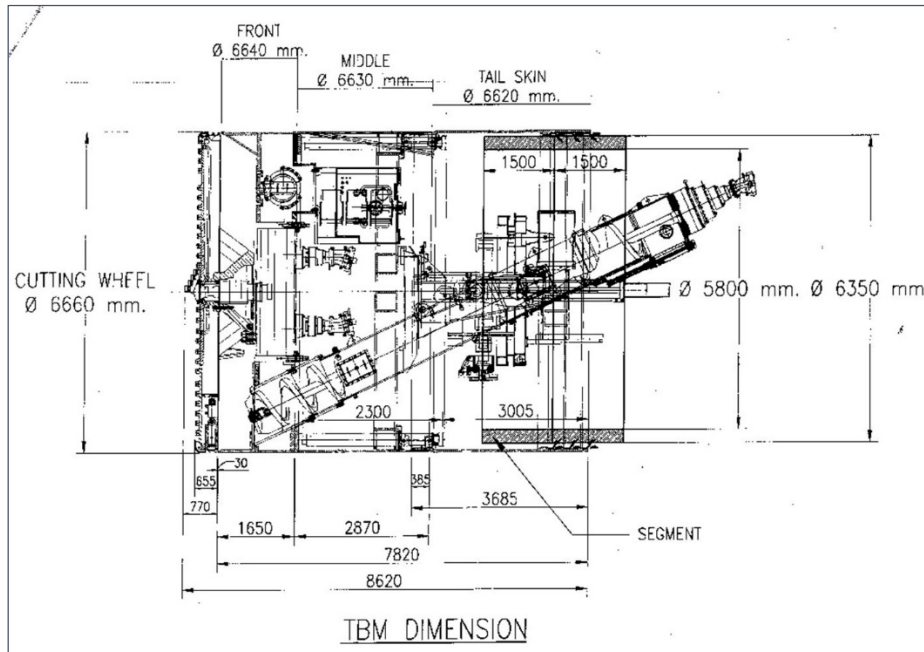
当路線変更区間含め路線全体を通して、曲線半径 300m 以下のいわゆる急曲線区間が数か所存在している。急曲線区間をシールド工法で施工する場合、シールドマシン本体が直線であるため、何らかの対策が必要となる。一般的には、①反力ジャッキの微調整により曲線なりに軌道修正を行うケース、②中折れ機能付きシールドマシンを採用するケースの 2 ケースに大別できる。

日本国内では②中折れ機能付きシールドマシンは、①の通常マシンに比して損料が 30%程度増加するため、地盤条件、曲線半径が極めて厳しい場合にのみ適用される傾向にあり、すなわち①の適用例が多い。

今回、KMRCCL の土木担当者に確認したところ、路線変更区間のシールド工事については、図 4.4.8 に示すとおり、通常マシンを用い、①の手法で対応する方針であることを確認した。なお、このシールドマシンは、新規購入予定のものではなく、既往工区のマシンを流用する計画である。

急曲線区間の最少曲線半径は、路線変更対象区間の最小値が 215m であるが、東西線の施工済区間の最小値が 230m とほぼ同値である。また、類似プロジェクトであるチェンナイ地下鉄においても、GC へのヒアリングにより、最少曲線半径 210m の箇所を①の通常マシンで施工していることが確認できた。

以上より、当路線変更区間の急曲線部についても、中折れ機能付きマシンは不要であり、既往の通常シールドマシンを流用し施工することは妥当といえる。



出典：KMRCL (Civil Engineer)提供

図 4.4.8 TBM マシン側面図

(3) 施工期間中の交通切廻し計画

2) トラム、バス

DPR では、「Esplanade 駅施工期間中、トラム軌道はサービス停止、もしくはルート変更が必要」との記載しかなくされていない。

当路線変更区間における Esplanade 駅および New Mahakaran 駅の両駅計画地は、共にトラム、バス停留所等公共交通の拠点として利用されている。駅部は開削工法で施工されるため、地上部を開放できないことは明確である。

そこで、これら 2 駅の工事期間中の公共交通機能の切廻し方針、切廻し計画図の有無について GC (mycel) に確認したところ、「Esplanade 駅は、既にトラムの一部運行停止済。仮設工事が既に開始しており、問題は生じていない。New Mahakaran 駅は仮設工事には未着手だが、仮設工事開始予定時期にはバスターミナルは閉鎖されるはず。管理者協議は既に実施済」との回答を得た。したがって、トラム、バスに関する施工時の切廻しについては、既に対応済であると判断した。

5) 現道交通

DPR では、「施工期間中の現道交通を極力確保すべきだが、Mahakaran 駅、Central 駅等の施工に際しては、Brabourne Road & B.B.Ganguly Street は一時通行止めの可能性があり、検討中」との記載がなされている。しかしながら、Esplanade 駅と New Mahakaran 駅の両駅の計画用地は、現道に面する公共用地であり、施工ヤードそのものは現道に影響していないことを確認した。

一方、駅出入口は、現道下を横断する箇所が一部存在する。駅出入口施工期間中は、現道の一部占有するものの、駅本体に比して占有断面が小さく、掘削深さも浅いことから、段階的な現道交通の切廻し程度で対応が可能である。

したがって、Esplanade 駅と New Mahakaran 駅の両駅の計画は、現道交通への影響を最小限に抑えるよう計画されており、現時点で可能な最善策が計画されている。

(4) 既設構造物との近接施工

3) 対象構造物の確認

2015 路線変更 DPR によると、New Mahakaran 駅周辺から Esplanade 駅間においては、平面線形決定上の主なコントロールポイントとなる歴史的建造物が 5 件存在している。そこで、トンネル計画ルートと歴史的建造物 5 件 (S-1~S-5) の位置を確認の上、その他のコントロール物件 (S-6) を追加確認し、表 4.4.4、図 4.4.10 に示した。なお、トンネル計画ルート直上に位置する建造物のうち、平屋建の小規模なものは杭基礎等の地下占有することはあり得ないため、対象外とした。

その結果、トンネル計画ルートは、歴史的建造物 5 件(S-1~S-5)の直下から回避できていることが確認できた。一方、建造物 (S-6:Indian Post) 1 件のみ、トンネル直上部に位置しており、その影響の可能性について、後述した。

表 4.4.4 対象構造物の確認

| No. | 建物名称 | トンネル外面との平面的離隔 |
|-----|--------------------|---------------|
| S-1 | Writers Building | OK |
| S-2 | St. Andrews Church | OK |
| S-3 | Currency Building | OK |
| S-4 | Raj Bhawan | OK |
| S-5 | Esplanade Mansion | OK |
| S-6 | Indian Post | Overwrapped |

出典：JICA 調査団

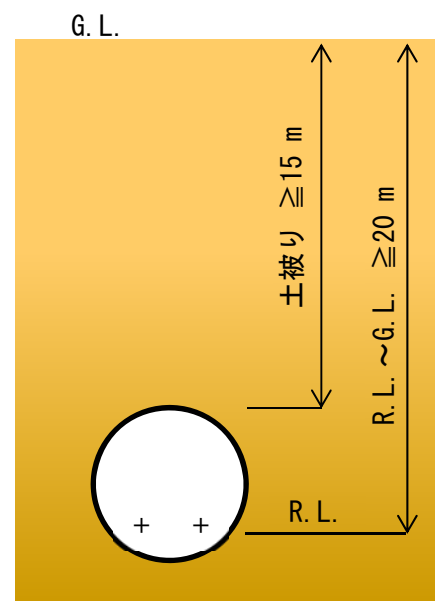
6) 近接施工の方針と評価

鉄道シールドトンネルにより地下空間を掘削する場合、日本国内では近接する既設構造物に対して、沈下、傾斜などの変形が生じる可能性がある場合、関係者の合意形成を円滑に実施できるよう、水平・鉛直方向の離隔から影響度を判定できる指標が存在する。

一方、インド国内では、近接施工に関する指針は存在しないため、コントラクターによるデザインビルトによる設計施工監理がなされており、DPR に詳細な記載はない。しかしながら、2015 路線変更 DPR によれば、各コントロールとなる歴史的建造物に関して、関係機関協議が実施され、「レールレベルを地下 20m 以下とすることで、建物外構に変状を与えないよう施工する」ことが明記されており、関係機関の合意形成は既に完了していることが確認された。レールレベルが地下 20m となる場合、図 4.4.9 に示されるように、土被りは約 15m 確保されることになる。

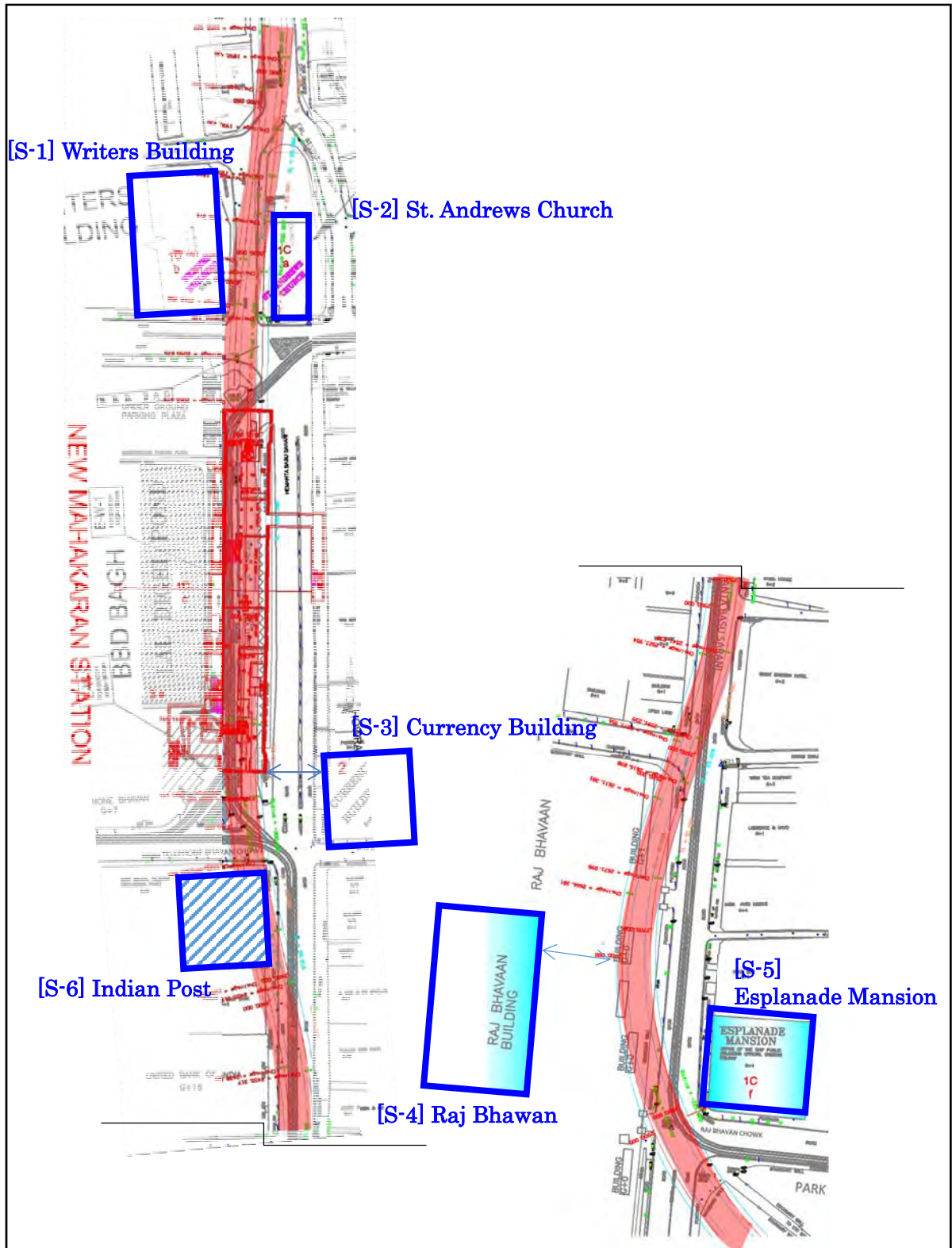
なお、施工時の変状予測等については、MPR でも報告されているが、既設構造物に近接して TBM 施工を行う場合、沈下等の予測計算を行い、施工時に動態観測を実施し、適宜対応する計画であることを確認した。

したがって、当路線変更区間の近接構造物 5 箇所についても、地権者から近接施工に関する基本合意は得ているものの、施工段階においては、他工区と同様、変状予測解析を実施し、変状予測結果と実際の施工時変状を観測しながら施工する計画であるといえる。なお、既往の施工実績においては、特に近接構造物の大規模な変状は報告されていないことから、当路線変更区間においても、他工区と同様の方針で対応することは一般的といえる。



出典：JICA 調査団

図 4.4.9 トンネル上部土被り厚の計画



出典：GC (mycel) 提供路線計画図をもとに JICA 調査団作成

図 4.4.10 トンネル線形と歴史的建造物の位置関係

(5) その他施工上の留意点

1) 近接ため池への影響

New Mahakaran 駅計画地には人造湖 (Lal Digi) が近接している。人造湖が近接する箇所を掘削する場合、開削時の漏水や地山の崩壊が懸念される。

まず、当地域全体の地形地質についてはオリジナル DPR において整理されている。コルカタ市の位置、地文・気候、地質概要に加え、当路線全体を対象としてボーリング試験が合計 66 か所、最大 40m 深さで実施されたこと、併せて標準貫入試験も実施済であることが記載されている。また、当路線の地質概要については、中程度の砂質土、粘土質シルトなどの沖積層が厚く堆積しており、基盤岩層は km オーダーの大深度に位置していると想定され、本調査ボーリングでは確認できなかったとされている。掘削時の地山の不安定化の主要因である地下水位については、地表面から 2m～5m 程度の比較的浅い位置に確認されており、山岳地形ではないため、被圧はないものと想定できる。一方、路線変更区間の調査ボーリングは、路線変更 DPR において実施されており、土層構成、地下水位等の地盤条件は、既に施工済の他区間と大きな違いはないことが確認できる。

ここで、当駅の土留め掘削形式について、Howrah Maidan 駅や Sealdah 駅と同様の「RC 連続壁＋H 鋼支保工」を採用している。この RC 連続壁は、壁面剛性が最も高く、特に止水性に極めて優れる工法であり、地下水位が高い地域、地盤が軟弱である地域、地形が平坦で施工ヤードが十分確保できる地域、周辺に構造物が近接しており掘削中の周辺への影響を抑える必要がある地域などの条件に適した工法である。つまり、今回のようなため池が近接し、地下水が比較的高く、漏水対策に重点を置く場合に最適な工法といえ、その選択は妥当と言える。

なお、施工段階において、万が一、土留め壁から漏水が見られるような場合には、土留め背面への薬液止水注入などの応急処置が考えられるが、デザインビルト方式の工事発注であるため、施工者が検討すべき内容と言える。

7) 既設地下出入り口との接続工事

既設南北線 Esplanade 地下出入り口 No.2 との接続について、DPR には詳細に言及されていないが、(1) 土木施設で整理したよう、駅構造一般図を照査した結果、この既存出入り口との接続計画が図示されている。また現地視察を実施した結果、図 4.4.11 に示すよう、既に入り口が閉鎖され、新駅との接続のための仮設工事に着手していることから、本件についても事前準備が適切になされているものと言える。



図 4.4.11 南北線 Esplanade 駅出入り口 NO.2 の封鎖状況

8) 軟弱地盤上の既設構造物への影響

New Mahakaran 駅～Esplanade 駅間のトンネル区間は、現道に連坦する既存建物をコントロールとし、路線変更 DPR から修正 DPR にかけてその平面線形が検討されている。主なコントロールとなる建物を現地調査で確認した結果、トンネル直上に位置する高層建築物が一件（図 4.4.12）確認された。軟弱地盤対策として杭基礎構造の場合、杭長 10m～20m 程度であると仮定すると、当該区間のトンネルの軌道高さが地下-22m から -23m であるため、トンネルが建築物の基礎杭に干渉する懸念がある。当該物件については、基礎が杭形式か否か既存資料からの判読は困難であったため、GC (mycel) に確認したところ、「当該建築物は建設時期が極めて古く、杭基礎ではないため、トンネルが干渉することはない」との回答を得た。したがって、トンネルが当該物件に干渉することはないと判断した。



図 4.4.12 トンネル直上に位置する建物 S-1 (Indian post)

4.4.3 車両基地

(1)車両基地概要

車両基地は Central Park 駅に接続し、その機能は車両基地と車両工場を兼ねている。

車両工場では重要部及び全般検査を実施し、車両基地は日常点検、定期検査、臨時の修繕作業及び車輪の転削を実施する。また、車両基地には車両洗浄線が設けられており、走行する車両を自動的に洗浄することができる。

(2)留置線

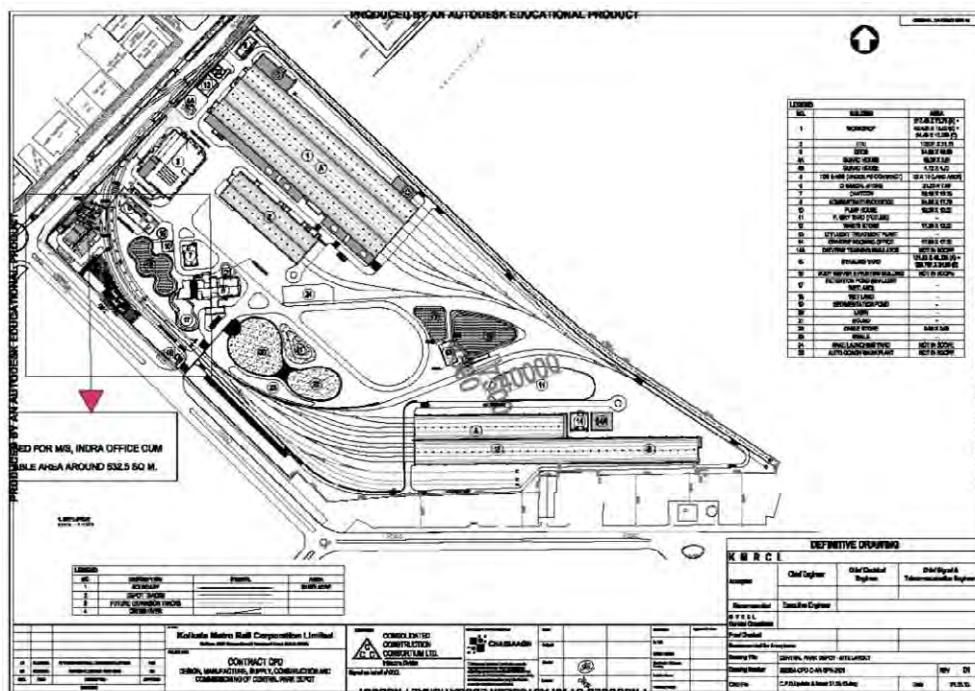
車両基地計画図（図 4.4.13）によると車両の留置線は延長 130m の 5 線と 300m の 5 線が計画されている。線路有効長を考慮すると 130m の留置線は 6 両編成が 5 編成、300m の留置線には 10 編成（5 線×2 編成）の合計 15 編成の留置が可能である。これらの留置線は全て屋根付きの車庫である。

検修建屋内には工場検査線 4 線と定期検査線 4 線が設置されている。ただし、工場検査線 4 線と定期検査線 1 線は検修作業のため車両が常時在線することが想定されるので留置線には計上しない。定期検査線は 4 線あるがその内の 3 線は定期検査を終えた編成の留置線として使用可能である。ただし、1 線は臨時修繕用として確保するため、原則として車両は留置しないことが望ましい。

更に収容線の区域には留置線が 3 線増設できるスペースが確保されており、線路有効長などが不明であるが 3 編成は収容可能と想定されるので、将来列車編成が増えた場合、車両基地内には最大 21 編成が収容可能である。

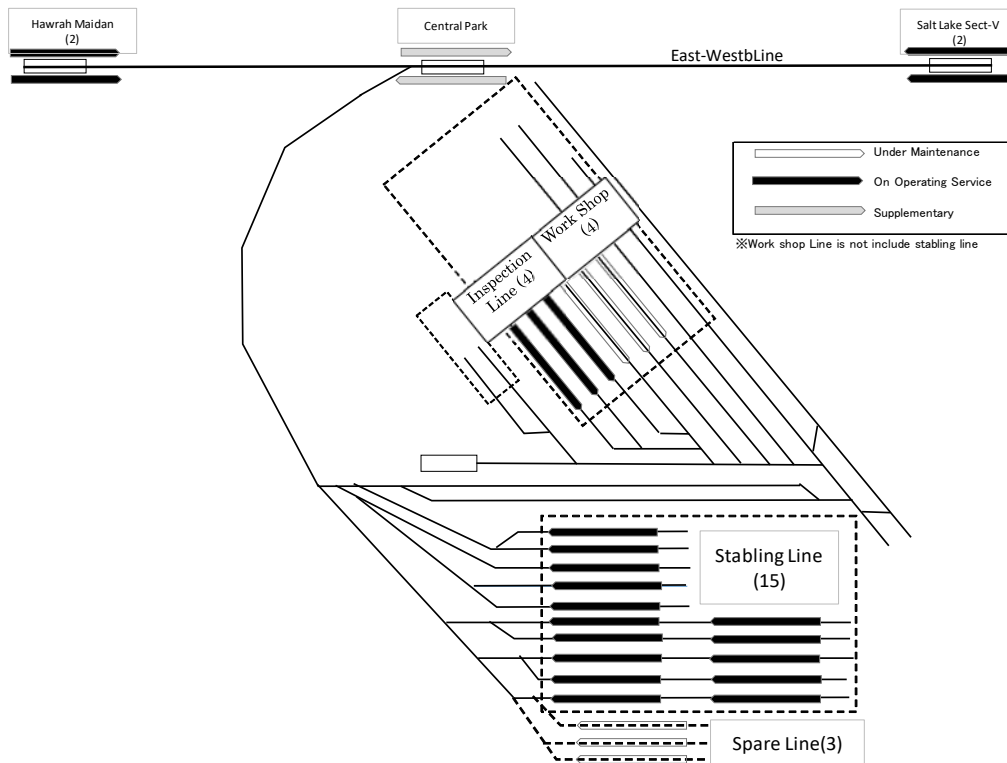
また、本線上において、両終端駅に各 2 編成合計 4 編成の列車が留置可能である。さらに、必要があれば、車両基地に接続する Central Park 駅にも 2 編成の列車を留置させることは可能と考える。したがって、2035 年に必要となる 24 編成については十分に対応可能である。

車両の留置計画案を図 4.4.14 に示す。



出典：GC (mycel)

図 4.4.13 車両基地計画図



出典：GC (mycel)

図 4.4.14 車両留置計画

(3)保守整備作業

車両基地における保守整備作業を表 4.4.5 に示す車両の保守間隔は走行距離に関係するため、今回の路線変更により保守間隔が短くなる可能性がある。しかし、今回の延長増加は1割程度であり、下表に示す車両点検計画から大きな変更は生じないものと評価する。

表 4.4.5 保守整備作業

| 検査修繕 | 周 期 | 検査場所 |
|---------|-------------------|----------------|
| 日常点検 | 毎日 | 留置線 |
| 定期検査A | 5,000km走行又は15日ごと | 定期検査庫 |
| 定期検査B | 15,000km走行又は45日ごと | |
| 中間検査 | 40,000km走行又は4年ごと | 車両工場 |
| 全般検査 | 80,000km走行又は8年後と | |
| 清掃作業 | 周期 | 実施場所 |
| 外部洗浄 | 3日ごと | 自動車両洗浄機 |
| 車内外全般清掃 | 30日ごと | 自動車両洗浄機 留置線 |

出典：GC (mycel) からの情報を基に JICA 調査団作成

4.4.4 電気・機械施設

(1) DPR による電力設備の仕様

修正 DPR 及び GC の電力設備計画より、電力設備の仕様を表 4.4.6 に示す。これらの仕様は表 4.4.7 に示す様にインド国内における他の主なメトロとほぼ同様の仕様となっており、基本計画に問題はなく、また遜色もない。

表 4.4.6 DPR による電力設備の仕様

| 項目 | 仕様 |
|-------------------------------|--|
| 要求電力量 | 車両の電力消費量：70kWh/ 1000 GTKM 車両の電力回生率：20% き電（電車用）電力量 2018年：13,000kW、2035年 18,500kW 高架駅の電力量 2018年：510kW、2035年：510kW 地下駅の電力量 2018年：1,700kW、2035年：1,700kW 車両基地電力量 2018年：2,040kW、2035年：2,040kW |
| 受電変電所（RSS） | (1) Central Park 132/33kV 35/45MVA (2)Howrah 132/33kV 35/45MVA |
| き電変電所（TSS）、補助変電所（ASS）<トランス容量> | (1) き電変電所 3MW 3.3MVA (2) 駅等 (i) 高架駅 0.75MVA (ii) 地下駅 2.5/3MVA (iii) 車両基地 3MVA |
| 電磁妨害（EMI）対策 | DPR 記述無し：直流き電及び 12 パルス整流器使用が記述され電磁妨害は発生しない。一方、帰線電流の漏洩が発生するので、帰線レール（第3軌条）本体の抵抗減及び大地との絶縁アップ対策は要 |
| き電方式 | 第三軌条方式による 750V 直流き電 |
| 非常用ディーゼル発電機 | 発電機容量 高架駅 250KVA 地下駅 1,500/2,500KVA |
| SCADA | 駅及び沿線の電力・信通機器等は SCADA システムにより OCC(中央指令室)にて監視制御される |

出典：Revised DPR East West Corridor of Kolkata Metro Volume – II, JAN-2016

表 4.4.7 インド国における他事例の電力設備の仕様

| 項目 | 仕様 | |
|---------------------------------------|---|--|
| | アーメダバード*1 | ムンバイ*2 |
| 要求電力量 | 車両の電力消費量：75kWh/ 1000 GTKM 車両の電力回生率：20% 高架駅の電力量 初期：250kW、2026年：400kW 地下駅の電力量 初期：2000kW、2026年：2500kW 車両基地電力量 初期：2000kW、2026年：2500kW | 車両の電力消費量：70kWh/ 1000 GTKM 車両の電力回生率：30% 高架駅の電力量 全線地下駅 地下駅の電力量 初期：2000kW、2031年：2500kW 車両基地電力量 初期：2000kW、2031年：2500kW |
| 受電変電所（RSS） | (1) Gyasour & Sabarmati 132/33kV 30MVA (2) Thaltej & Apparel Park 132/33kV 45MVA | (1) Colaba 100/33kV 30MVA (2) Race Course 100/33kV 30MVA (3) Dharavl 100/33kV 30MVA |
| き電変電所(TSS) 補助変電所 (ASS) <トランス容量> | (1) き電変電所 33kV/750V DC (2) 駅等 (i) 高架駅 0.5MVA (ii) 地下駅 3.2MVA (iii) 車両基地 2.5MVA | (1) き電変電所 33kV・25kV/750V DC (2) 駅等（駅はすべて地下駅） (i) 地下駅 2.5MVA (ii) 車両基地 2.5MVA |
| 電磁妨害（EMI）対策 | 直流き電のため電磁妨害は発生しないが帰線電流の漏洩が発生するので、帰線レール（第3軌条）本体の抵抗減及び大地との絶縁アップ対策は要 | 同左 |
| き電方式 | 第三軌条方式による 750V 直流き電 | 同左 |
| 非常用ディーゼル発電機 | 発電機容量 高架駅 200KVA 地下駅 1100KVA | 発電機容量 高架駅 250KVA 地下駅 1000KVA |
| SCADA | 駅及び沿線の電力・信通機器等は SCADA システムにより OCC(中央指令室)にて監視制御される | 駅及び沿線の電力・信通機器等は SCADA システムにより OCC（中央指令室）にて監視制御される |

出典：*1 Detailed Project Report for Ahmedabad Metro Rail Project (Phase-I), Mar., 2015

*2 DPR FOR THROUGH METRO CORRIDOR COLABA-BANDRA SEEPZ NOV- 2011

(2) 必要電力量の算定

ここではコルカタ地下鉄について、電力設備計画の概要であるき電電力（電車走行用電力）とその他必要電力について簡易計算にて DPR に示された計画値の妥当性を検証する。算定のための前提条件は以下のとおりである。

| | |
|----------------|--------------------------------|
| ① 負荷計算使用キロ程 | 15.65km |
| ② 平均列車速度 | 45.2km/h |
| ③ ①を走行する時の時間算出 | 20.8分 (=15.65 ÷ 45.2 × 60 <分>) |

計算結果は表 4.4.8～表 4.4.10 に示すとおりであるが、負荷電力は 2025 年で 36.08MVA、2035 年で 42.60MVA となる。この試算結果を GC の計算値（2025 年で 34.86MVA、2035 年で 42.62MVA）と比較すると、2025 年は高めであるが、2035 年ではほぼ同じ数値となっている。GC は 2035 年までの必要電力量（車両運行間隔 3 分）を満足するように設計を行っており、今回の路線変更の影響を考慮しても必要電力量を満足する計画となっていると言える。また、負荷電力量は 2035 年でも 42.60MVA と受電変電所容量（45MVA）を超えることはなく、施設容量としても確保されている。

表 4.4.8 列車負荷

| Traction Power Requirements | Unit | 2025 | 2035 | Remarks |
|--|--------------|-------|-------|------------------------------------|
| 1 Train Formation | cars | 6 | 6 | 2DM+2M+2T |
| 2 Train Tare Weight | ton | 236 | 236 | Fixed number |
| 3 Passenger Capacity of Train | No. | 2,068 | 2,068 | Fixed number |
| 4 Passenger Weight | kg per head | 65 | 65 | Fixed number |
| 5 Total Train Weight | ton | 370 | 370 | Item(2)+Item(3)*Item(4)/1000 |
| 6 Operation Length | km | 15.65 | 15.65 | Howlah Maidan - Salt Lake Sector V |
| 7 Train Cycle Time | minutes | 51.5 | 51.5 | Refer "Train Operation Plan" |
| 8 Headway | minutes | 4 | 3 | Refer "Train Operation Plan" |
| 9 No.of Trains per Hour in Both Directions | No. | 15 | 21 | (Item(7)+10)/Item(8) |
| 10 GTKM in Both Directions per Hour | 1000ton * km | 174 | 243 | Item(5)*Item(9)*Item(6)/1000*2 |
| 11 Specific Energy Consumption | kWh/1000GTKM | 70 | 70 | Fixed number |
| 12 Peak Traction Power Requiement | MW | 12.16 | 17.02 | Item(10)*Item(11)/1000 |
| 13 Energy Saving ratio by Regenerating Brake | % | 20 | 20 | Fixed number |
| 14 Traction Power Requirement considering Regenerating Brake | MW | 9.73 | 13.62 | Item(12)*(100-Item(13))/100 |
| 15 Energy Consumption for Airconditioner per Train | KW | 320 | 320 | Fixed number |
| 16 Total power requiement for airconditioner | MW | 4.80 | 6.72 | Item(9)*Item(15) |
| 17 Power loss | % | 10 | 10 | Fixed number |
| 18 Total power requiement for airconditioner with loss | MW | 5.33 | 7.47 | Item(16)*(100-Item(17))/100 |
| 19 Total traction power requirement | MW | 15.06 | 21.09 | Item(14)+Item(18) |
| 20 Power Factory | % | 95 | 95 | Fixed number |
| 21 Apparent Power | MVA | 15.85 | 22.20 | Item(19)*Item(22)*100 |
| 22 Wattless Power | Mvar | 4.95 | 6.93 | Item(21)*SIN(ACOS(Item(20)/100)) |

出典：JICA 調査団

表 4.4.9 駅等の負荷

| | Station Aux power requirement | Unit | 2025 | 2035 | Remarks |
|----|--|-------------|--------------|--------------|---|
| 1 | Elevated station - power consumption | MW/sta. | 0.35 | 0.35 | Fixed number |
| 2 | No.of elevated stations | No. | 6 | 6 | Fixed number |
| 3 | Power consumption by elevated stations | MW | 2.10 | 2.10 | Item(1)*Item(2) |
| 4 | Underground station - power consumption | MW/sta. | 1.75 | 1.75 | Fixed number |
| 5 | No.of underground stations | No. | 6 | 6 | Fixed number |
| 6 | Vent Shaft Aux power requirement | MW | 0.41 | 0.46 | Fixed number |
| 7 | No.of Vent Shafts | No. | 3 | 3 | Fixed number |
| 8 | Power consumption by underground section | MW | 11.73 | 11.88 | Item(4)*Item(5)+Item(6)*Item(7) |
| 9 | Depot Aux power requirement | MW | 2.5 | 2.5 | Fixed number |
| 10 | Sub Total | MW | 16.33 | 16.48 | Item(3)+Item(8)+Item(9) |
| 11 | Power Loss | % | 5 | 5 | Fixed number |
| 12 | Total Power Requiement with Loss | MW | 17.19 | 17.35 | Item(10)*(100-Item(11))/100 |
| 13 | Power Factory | % | 85 | 85 | Fixed number |
| 14 | Apparent Power | MVA | 20.22 | 20.41 | Item(12)/Item(13)*100 |
| 15 | Wattless Power | Mvar | 10.65 | 10.75 | Item(14)*SIN(ACOS(Item(13)/100)) |

出典：JICA 調査団

表 4.4.10 負荷の纏め（合計）

| Items | Unit | Power Requirement (2025) | | | Power Requirement (2035) | | |
|---------------------------------|------|--------------------------|---------|-------|--------------------------|---------|-------|
| | | Train | Station | Total | Train | Station | Total |
| Apparent Power | MVA | 15.85 | 20.22 | 36.08 | 22.20 | 20.41 | 42.60 |
| Effective Power | MW | 15.06 | 17.19 | 32.25 | 21.09 | 17.35 | 38.43 |
| Wattless Power | Mvar | 4.95 | 10.65 | 15.60 | 6.93 | 10.75 | 17.68 |
| Estimated Apparent Power by GC | MVA | 17.22 | 17.64 | 34.86 | 22.77 | 19.85 | 42.62 |
| Estimated Effective Power by GC | MVA | 14.87 | 14.28 | 29.15 | 19.67 | 16.07 | 35.74 |

出典：JICA 調査団

(3) その他の DPR 記載事項の確認

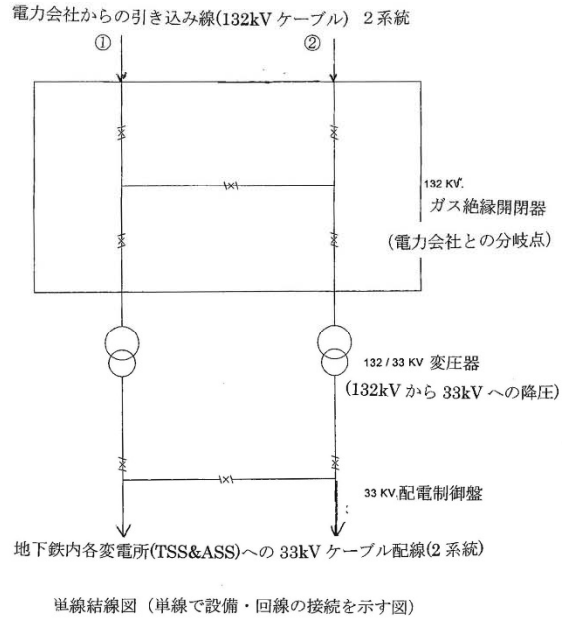
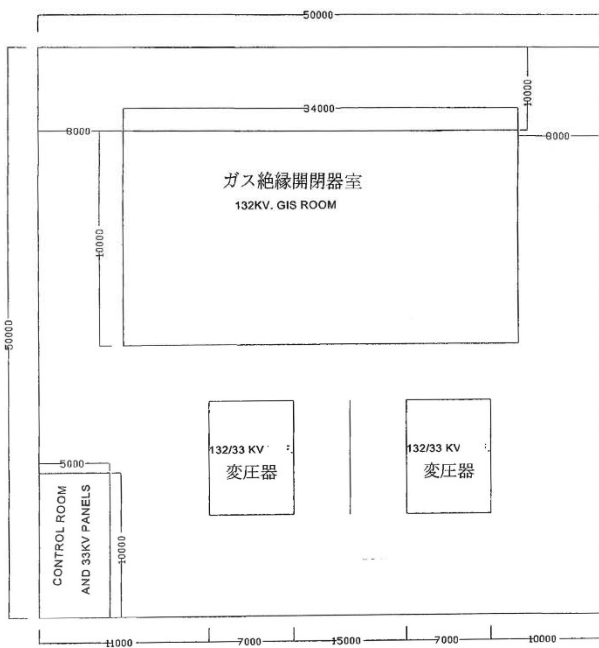
1) 電力供給の信頼度

電力供給は列車の安全・安定運転及び利用客の安全・安心のために欠かせないものであり、地元電力供給会社からより信頼度の高い電源を受ける必要がある。

本計画では WBSEDEL（西ベンガル電力会社）の 3 か所の受電変電所で 33kV のケーブルで 2 回線受電し、非常時用には非常用発電機が計画されているため、運行の安定維持・乗客の安全等の確保が充分考慮されていると言える。

2) 電力供給源

修正 DPR には RSS<地下鉄側受電変電所（33kV）>が二つ設置される計画が示されている。また、第三番目の電源として地下鉄会社による非常用発電機の設置が言及されており、駅関係設備は三つの供給源を持つことになる。



出典：修正 DPR

図 4.4.15 受電変電所 (RSS) 標準機器設置レイアウトと単線結線図

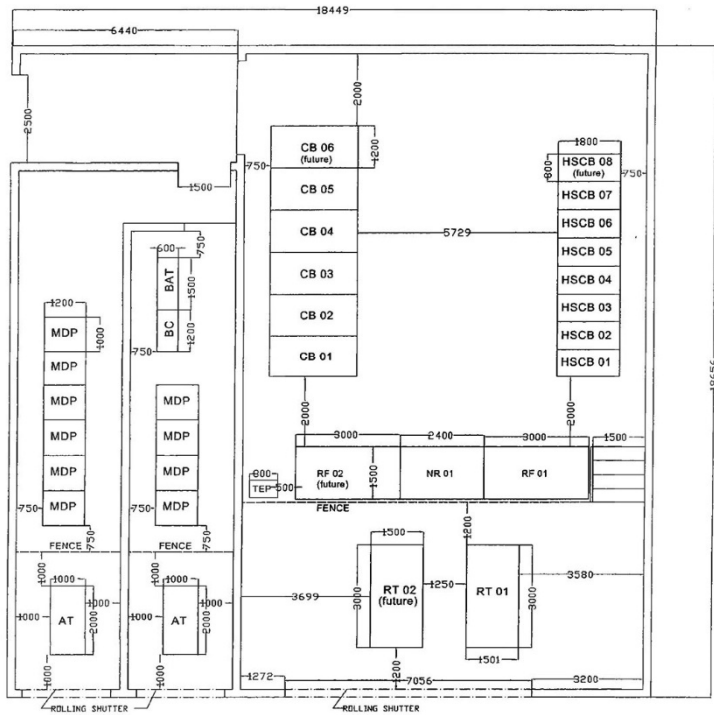
3) き電変電所 (Traction Sub-stations) (33kV/750V DC)

き電変電所は、電力会社から交流 33kV で受電した電力を電車電力直流 750V に変換する。一般的に駅あるいは駅近傍に設置され、補助変電所 (ASS) と同室に設置される (図 4.4.16 参照)。

DPR では、TSS は 10 ヲ所予定されているが、本線区間では 9 ヲ所である (1 ヲ所は車両基地用)。したがって、1TSS 当たりの営業キロは、 $15.65\text{km} \div 9\text{TSS} = 1.74\text{km}$ となる。一般的に直流き電 750V では 2~3km が通常であり⁹、妥当な値と判断される。

カウンターパートへのヒアリングによると、2017 年 6 月 30 日時点で、その適所・適数をシミュレーションにて計画中であるが、ルート変更 (延長) による変電所数の変更は無いとのことである。

⁹ 一般的に直流き電 750V では 2~3km、1500V では 10~15km、また参考値として交流 20KV では 20~30km、新幹線 25KV では 50km が標準である。どのケースでも詳細はシミュレーションにより算出され、実き電変電所の位置は当該箇所の土地状況等により最終設置箇所及び数が決定される。



| | |
|------|----------|
| AT | 配電用変圧器 |
| LCP | 現地制御盤 |
| TEP | 軌道接地器 |
| CB | 33kV 遮断器 |
| RT | 整流用変圧器 |
| RF | 整流器 |
| NR | 負帰線電流器 |
| HSCB | 直流高速遮断器 |
| MDP | 主配電制御盤 |
| BAT | バッテリー |
| BC | バッテリー充電器 |

NOTE :

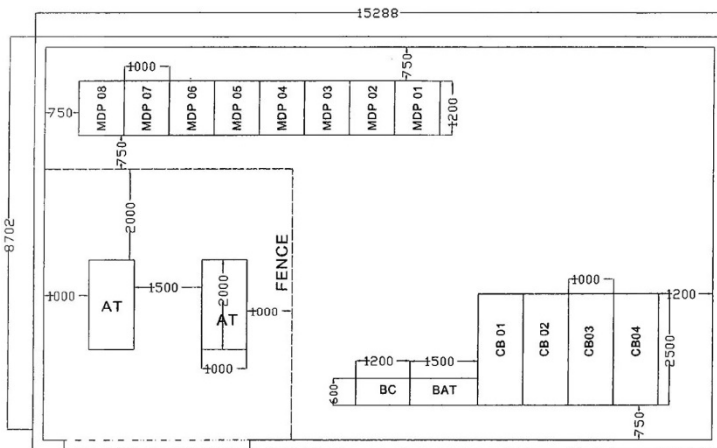
1. All Dimensions are in mm.
2. Typical Height of Power Supply Room
Access Doors min. 2500mm.
3. Fence Height of Transformer Encloser min. 2600mm.
4. Room to be located so as to handle transformers from road side

出典：修正 DPR

図 4.4.16 き電(TSS—室左)と補助変電所(ASS—室右)〈配電所〉併設レイアウト例

4) 駅及び車両基地における変・配電所設備

高架区間は単線結線図より乾式レジンの変圧器 750KVA×2 台となっている。負荷想定が 350kW となっているので、力率平均 80%と想定すると、負荷設備は $350 \div 0.8 = 438\text{KVA}$ 以上が必要となり、現計画で問題はない。



| | |
|-----|----------|
| AT | 配電用変圧器 |
| CB | 33kV 遮断器 |
| MDP | 主配電制御盤 |
| BAT | バッテリー |
| BC | バッテリー充電器 |

NOTE :

1. All Dimensions are in mm.
2. Typical Height of Power Supply Room
Access Doors min. 2500mm.
3. Fence Height of Transformer Encloser min. 2600mm.
4. Room to be located so as to handle transformers from road side.

出典：修正 DPR

図 4.4.17 補助変電所(ASS)〈配電所〉レイアウト例

また、地下区間は同じく変圧器 2500KVA または 3000KVA×2 台となっている。負荷想定が 1750KW となっているので、力率平均 80%と想定すると、負荷設備は $1750 \div 0.8 = 2188\text{KVA}$ 以上となり、現計画で問題はない。

負荷最大を考慮した場合には、時に負荷想定の2倍以上となる場合も考えられるが、スタンバイ利用で2台運転も可能であるので問題はないと言える。

5) 非常用ディーゼル発電機

鉄道については優先的な電力配分が考慮されていると言われているが、インド国内では停電頻度が高い事情がある。修正 DPR では、非常時の最低必要機器への電力供給用として、高架駅 250KVA、地下駅 1500/2500KVA のトランスが計画されている。燃料タンク容量は6時間程度が良いと思われるが、現地現状に合わせた設計が肝要である。

6) Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System

本設備は、電力設備・信通設備・機械設備等の設備状態を中央司令室から常時監視・制御するための設備で近年の鉄道設備には必須のシステムである。本システムは各種機器や沿線状況を隈無く監視しているが、パーツについては寿命があるので予防保全が肝要である。

(4) 年間電気料金

地下鉄の運営に係る電気代は月額基本料金と使用電力量に応じた従量料金から算定される。最新の電力料金（Gist of the Tariff order dated 28/10/2016 for the year 2016-17 issued by the Commission）をもとに、東西線の電力料金を計算すると表 4.4.11 に示す通り、2025 年では年間 836.9 百万 Rs.、2035 年では年間 993.5 百万 Rs.と計算される。

- 月額基本料：工業用 384 Rs/kVA =668.2 円/kVA
- 1kWh 当たり料金：工業用 7.11 Rs/kWh=12.4 円/kWh
- 1INR=1.74 円換算（2017 年 6 月価格）

表 4.4.11 年間電力料金

| | 2025 | 2035 |
|----------|---|---|
| 基本 料金 | 36.1MVA×384Rs/kVA×1000 (MVA/kVA) ×12months =166.3 million Rs | 42.6MVA×384Rs/kVA×1000 (MVA/kVA) ×12months =196.3 million Rs |
| | 289.4 百万円 | 341.6 百万円 |
| 従量 料金 | 32.3MWh/h×7.11 Rs/kWh×1000 (MW/kW) ×8h (一日相当推定値) ×365 日=670.6 million Rs | 38.4MWh/h×7.11 Rs/kWh×1000 (MW/kW) ×8h (一日相当推定値) ×365 日=797.2 million Rs |
| | 1,166.8 百万円 | 1,387.1 百万円 |
| 合計 | 836.9 million Rs/year | 993.5 million Rs/year |
| | 1,456.2 百万円/年 | 1,728.7 百万円/年 |

出典：JICA 調査団

4.4.5 信号・通信施設

(1) DPR による信号・通信施設の仕様

修正 DPR で提案される信号及び通信設備は以下のとおりである。

1) 信号装置および列車制御システム

運転室の信号装置を含む連続自動列車制御装置（Continuous Automatic Train Control : CATC）、または自動列車運転装置（Automatic Train Operation : ATO）、自動列車防護装置（Automatic Train Protection : ATP）及び自動列車監視装置（Automatic Train Supervision : ATS）。

2) 通信装置

光ファイバー伝送システム、電話交換機、デジタル移動無線システム（Terrestrial Trunked Radio : TETRA）、広帯域経路制御及び切替装置（Broad Band Routing and Switching : BBRS）、システム/搭載ビデオ転送装置、旅客案内表示システム（Passenger Information Display System : PIDS）、機内放送装置（Passenger Address System : PAS）、アクセス制御システム（Access Control System : ACS）、通信管理設備（Communication System Supervisor : CSS）、電気時計システム（Master Clock System : MCS）のような列車情報システム（Train Information System : TIS）を含む総合システム。

主に入れ換え作業で使用される線路以外の（デポを含む）全ての運行線に信号システムを設置する必要がある。電子連動装置は、分岐器及び踏切を持つ全ての駅に敷設する予定である。

中央指令所（Operating Control Center : OCC）によって集中管理を行うものとするが、OCC が動作不能になった場合の緊急時対応のためバックアップ指令センターを設ける。第二のバックアップは局所制御用のため分岐器及び踏切を持つ駅に備える。これらの駅には、劣化モード¹⁰になった場合に備え、分岐器付近を防護するための信号も整備する。

尚、Ansaldo Signalling and Transportation Systems（Ansaldo）が2011年9月5日付けで本事業の信号及び通信システムの調達にかかる契約をKMRCLと締結した。

(2) 信号技術の変更

1) CBTC システムへの変更

2011年9月5日にKMRCLとAnsaldo間で締結した契約のATP/ATOシステムは、CATCによる可聴周波数（Audio Frequency : AF）軌道回路を使用する古い技術に基づいていた。しかし、主に車両とのシステム統合に問題が生じるため、Ansaldo、KMRCL及びGC間でこのATP/ATOシステムから無線式列車制御（Communication Based Train Control : CBTC）に変更することを協議した。

Ansaldoのレター（2017年4月4日、参照番号1247_17-026）に記載されている通り、信号システムにおける発注者要件書（Employer's Requirements : (ER)）の変更についてGC及びAnsaldo間で協議されている。KMRCLはCBTC技術の採用を原則として合意し、GCは2017年2月27日付けでAnsaldoに対し同様の指示を行った（2017年4月MPR 9.2.2項参照）。

近年、CBTCは新規地下鉄におけるATP/ATO技術の選択肢となっており、またCBTCシステムは本事業の運転性及び安全性の要件に完全に準拠している。CATCシステムとAnsaldoによって提案されているCBTCシステムとの比較を表4.4.12に示す。

表 4.4.12 ERの特記仕様システムと提案されたCBTCシステムの比較

| サブシステム | CATC | CBTC | 備考 |
|---------------|---------------------------------------|---|---|
| システム構成 | ATO, ATP, ATS | ATO, ATP, ATS | コア機能を実装するため、CBTCにZone Controller & Front AMモジュール等の追加機器が必要となる。 |
| 地上インターロッキング | 電子連動装置 (Electronic Interlocking : EI) | EI | |
| 運転室内信号 | 提供 | 提供 | |
| 列車支障の検出 | 軌道回路 | 無線システム | 無線システムを1次検出、車軸カウンタを予備システム/2次検出とする。 |
| 安全な列車間隔に対する情報 | 軌道から得られたコードで算出 | 無線を通し連続的な情報から算出 | CBTCシステムの計算がより正確である。 |
| 技術の展望 | 旧式化が進んでいる | 現在の技術、すでにインド国及びその他の国で実績がある。インド国ではコチ、ハイデラバード、デ | CBTCは鉄道信号及び制御システムの最先端技術であり、インド国を含む世界各地で地下鉄などの都 |

¹⁰ OCC が動作不能になった状態

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
| | | リー地下鉄 7 & 8 号線、ムンバイ 3 号線、ナビムンバイ、ラクナウ、アーメダバード及びグレーター・ノイダ等の新設、また新規予定地下鉄で採用されている。 | 市大量輸送システムに一般的に採用されている。 |
|--|--|--|------------------------|

出典：JICA 調査団

JICA 調査団と GC は提案された CBTC システムの仕様をチェックし、この CBTC が ER に完全に準拠していることを確認している。事業リスクの観点では、CBTC システムの選択による悪影響はない。また、Ansaldo は、6 ヶ国で 10 以上の地下鉄で実施実績を持っている。加えて、Ansaldo はインド国に同様の CBTC システムを導入した他の実績もある（ナビムンバイ地下鉄事業、グレーター・ノイダ地下鉄事業）。

GC は新しい ATP/ATO システムへの変更によるコスト節減を期待しており、この変更指示の詳細については交渉中となっている（2017 年 4 月 MPR 2.4 項を参照）。

現在、Ansaldo の契約は、車両とのインターフェースにより 84 日の遅延が発生している。KMRCL のき電システムは MELCO が調達することになっているが、Ansaldo 及び MELCO は、ナビムンバイ地下鉄事業、グレーター・ノイダ地下鉄事業と同様のインターフェースを実施する。このアプローチにより、Ansaldo 及び GC は 84 日の遅延を完全に解消できると期待している。2017 年 6 月 30 日付け Ansaldo のレター (1247_17-069) によると、Ansaldo が改訂工期を 2017 年 9 月 30 日で同意、約束したことが確認されている。

新しい ATP/ATO システムへの変更には ATP/ATO のテクニカルデザインの改訂が必要になるため、信号のテクニカルデザインはまだ承認されていない。尚、修正された線形はこれまでの議論の中に組み込まれていない。また、ATP/ATO システムの変更により、列車と軌道間の無線通信の更新も行う必要があるため、データ通信仕様は承認されていない。

2) AF 軌道回路から車軸カウンターへの変更

2006 年作成のオリジナル DPR の 3.7.2.2 c 節によると、AF 軌道回路は ATP システムのための地上と列車間の通信に好ましいと記載されている。

750 V の直流電力供給システムの大きな帰線電流のため、本事業においては可聴周波数軌道回路の設計に問題があった。新たに提案された ATP/ATO システムは、無線データ通信を使用するため、地上と列車間の通信のための軌道回路はもはや必要ではない。新たな ATP/ATO システムは列車位置検出システム（主要列車検出として）も含むものとする。また、主要列車位置は ATP/ATO システムに含まれているが、ATP/ATO が動作不能の場合、予備の列車位置検出システムも必要となる。このため、本線及び車両基地について車軸カウンターシステムの地上装置による列車検出が想定される。

ATP/ATO システムは車両基地には設置されていないため、車両基地での地上列車位置検知は初期列車検知が利用される。また車両基地では車軸カウンターも列車検知に利用される。

Ansaldo 及び GC は、全ての AF 軌道回路を車軸カウンターに置き換えることについて協議を行っている。なお、ER での必要変更箇所は、Ansaldo のレターに記載されていたとおり、KMRCL 及び Ansaldo の間で議論されている（1247_17-026_04.04.2017 参照）。KMRCL は CBTC 技術の適用を原則同意としており、GC は 2017 年 2 月 27 日付けで Ansaldo に対し同様の指示を行った（2017 年 4 月 MPR 9.2.2 参照）。

車軸カウンターシステムは帰線設計に干渉しないため、帰線及び車軸カウンターシステムの設計は独立しており、猥雑とはならない。

帰線及び AF 軌道回路を合わせたテクニカルデザインは進行中であるものの、承認されていない。車軸カウンターを使用するため新しい要求事項を承認するには、設計書及び図面を修正する必要がある。

(3) 線形変更による信号・通信設備への影響

線形の改訂は、以下理由により信号及び通信（Signalling & Telecommunication : S&T）システムに限定的な影響しか与えない。その理由は以下のとおりである。

- ・ 駅数は変わらないため、駅の S&T システムは大きく変更されない
- ・ 追加の軌道または分岐器を設置しない
- ・ 車両基地の変更は予定されていない
- ・ 信号及び通信のサブシステムの技術的変更は必要ない

一方、変更は下記のものに限定される。

- ・ トンネル延長の増加によるケーブル長の延伸
- ・ 無線システム用アンプの追加
- ・ BBRS システム/データ通信システム（Data Communication System : DCS）のアクセス箇所を追加
- ・ 新たなトンネル区間の非常用電話の追加
- ・ 必要なサービスを提供するための S&T システムを含む列車数の追加
- ・ Esplanade 駅はより大きな駅となるため、将来的に他の地下鉄に乗り換えができるよに放送設備、CCTV、ACS と PIDS に対する追加要件、または電話機の追加

修正 DPR の 6.4 節において、2.5 分の運転間隔を確実に実現するため、必要な技術的な運転間隔は 2 分としている。この要件はオリジナル DPR と同様のものである。また、最新の分析によると 2035 年には 2.9 分の運転間隔が必要となるが（本報告書 4.3 節参照）、2.9 分から 2.5 分の差は小さく、将来的に余裕がある。

必要な列車数が増加するにつれ、車両基地の留置エリアは将来不十分となる。修正 DPR の 8.2 節において、「2 両編成の列車を終着駅である Salt Lake Sector V 駅と Howrah Maidan 駅で留置させる」とある。そのような要求事項は ER または Ansaldo との契約に含まれていないため、同要件は更新された最終設計に組み込むこととなる。

新たなトンネル区間の Sealdah 駅～Esplanade 駅間はかなり長く、追加のトンネル換気用シャフト（Tunnel Ventilation Shaft : TVS）が設置される。乗客の安全のため、各 TVS 区間で 1 つの列車のみが許可されるので、TVS との信号は ATS を介して接続することになる。この要件は、ER の 4A 項 5.3.12 ならびに KMRCL と Ansaldo との契約書の 4 項 5.3.12 において既に含まれている。

改訂された設計において、オペレーターは更に多くの列車の管理を行う必要があるが、表 4.4.13 に示されるとおり、他のインド地下鉄事業と比べてもその運行距離は最短であることから、運行チームにとって十分許容範囲内となるはずである。

表 4.4.13 インド国内各地下鉄の距離の比較

| 地下鉄線 | 日付 | 距離 (km) |
|---|-------------|---------|
| コルカタ地下鉄東西線 オリジナル DPR | 2006 年 3 月 | 13.7 |
| コルカタ地下鉄東西線 修正 DPR | 2016 年 1 月 | 16.548 |
| チェンナイ Corridor-I ▪ Washermanpet－Chennai Airport | 2008 年 8 月 | 23.085 |
| チェンナイ Corridor-II ▪ Chennai Central－St. Thomasm Maount | 2008 年 8 月 | 21.961 |
| ムンバイ 3 号線 DPR 改訂版 ▪ Colaba－Bandra－Seepz | 2011 年 11 月 | 32.546 |

出典：JICA 調査団

路線が変更されたことによって、路線延長が若干増加している。しかしながら、前述したように AF 軌道回路から車軸カウンターに変更となるため、本線における必要な S&T の整備は削減されると予想される。よって、S&T の整備への影響は無視できる、または AF 軌道回路と比較してさらに低くなる可能性がある。

追加の車両が必要となった場合、車内の S&T システムの整備作業は追加列車の数に比例して増加する。制御システム機器数量には基本的に変更は生じないので、信頼性とアベイラビリティへの影響はないものとする。また、信号・通信システムの安全性に関して、修正 DPR からの変更がないことから影響はないものとする。

(4) S&T の実施工程¹¹

2017 年 4 月版 MPR の 9.2.2 項で確認できるように、実際の作業進捗はプロジェクト実施工程に示されている日付とはかなりの差異がある。GC は、通信設計やその他の活動の重要な遅れに対して、Ansaldo に文書を送っている。更なる遅れを解消するには以下の対応が考えられている。

- GC および KMRCL は、幾つかの重要なハードウェアまたは製品をすでに承認しているため、この報告書に示されている変更の影響を受けない。また、関連ソフトウェアは、最終設計報告書の承認後に作成することができる。（添付資料 5. (2)製造及び設置の承認状況参照）
- 幾つかの遅延解消対策は、2017 年 4 月版 MPR の 9.2.2 項で確認されている。

プロジェクトの実施工程に関して、2017 年 4 月版 MPR の実施計画（Project Implementation Program : PIP）に記されている主要な日付と Ansaldo が文書 1247_17-069 を以って確認した日付との比較を表 4.4.14 に示す。

表 4.4.14 計画の比較：MPR 及び Ansaldo の確認

| No | 作業 | 実施工程期日 | Ansaldo 確認 |
|----|---|------------------------------|---------------------------|
| 1 | フェーズ 1A&B: 統合試験、試運転のための S&T サブシステムの完全な受け入れ試験の完了 | ST-0280 2018 年 6 月 24 日 | KD-08 2018 年 4 月 30 日 |
| 2 | フェーズ 1A&B: フェーズ 1 の実用試験の安全証明 | ST-0300 2018 年 7 月 24 日 | KD-10 2018 年 5 月 31 日 |
| 3 | フェーズ 1A: 列車、OCC の実用試験を踏まえた S&T システム試験の完了 | RS-0080 2018 年 9 月 4 日 | 注参照 |
| 4 | フェーズ 1B: 列車、OCC、サービストライアルによる S&T システムの完全なテスト | P1-TC70: 2019 年 12 月 22 日 | 注参照 |
| 5 | フェーズ 2: 統合試験、試運転のための S&T サブシステムの受け入れ試験の完了 | ST-310 2020 年 6 月 6 日 | KD-17 2018 年 12 月 30 日 |
| 6 | フェーズ 2: 実用試験の安全証明 | ST-330 2020 年 9 月 2 日 | KD-19 2019 年 5 月 10 日 |
| 7 | 列車、OCC の実用試験を踏まえた S&T システムの試験 | RS-0110 2021 年 2 月 13 日 | 注参照 |

注：
 • Ansaldo は上記期日を達成するための協力はするが、Ansaldo はこの活動の主体ではない。
 • 上記 1、2 から読み取れるように、フェーズ 1A の作業の完了時期は、Ansaldo の示す作業完了時期とほとんど同様である。
 • Ansaldo はフェーズ 1B の工程を確約していない。
 • Ansaldo のフェーズ 2 の引渡し時期は PIP の引渡し時期より約 1.5 年早い。これは、Ansaldo が工事幹線まで十分な時間を持つことになると同時に、期日が異なる他工事完了までより長い機関、プロジェクトに関わらなければならないことも意味する。

出典：JICA 調査団

現在のプロジェクトの状況を鑑みるに、Ansaldo が信号の技術変更を最終化しつつあり、また KMRCL によって幾つかの文書の承認がなされているものの、図面は提出されておらず、設置作業は進行していない。フェーズ 1A の期日設定は非常に野心的であるが、S&T システム全体の不備を修正し、認証することから、フェーズ 1A の期日は最も重要なものである。フェーズ 1B およびフェーズ 2 までの期日は、システムがすでに修正され、認証されているため、より容易となる。これらの後続フェーズはシステムの運用を残すのみとなること、また時間的な余裕が出来ることから、より良い計画を立てることが出来る。

¹¹ この項で記述されているフェーズ分けは以下の内容を示す。フェーズ 1A : Salt Lake Sector V~Phool Bagan、フェーズ 1B : Phool Bagan~Sealdah、フェーズ 2 : 残りの区間 (Sealdah~Howrah Maidan)

4.4.6 車両設備

KMRCL の車両の仕様は「Standardization of Broad Parameters of Rolling Stock for Metro Railway in India」(April 2017)に従っている。また、インド国の基準ではメトロ車両に異常時対応として以下の性能を要求している。そして、KMRCL の車両は、BELM 社の資料ではこの条件をクリアしていることが証明されている。日本の東京メトロ銀座線に使用されている車両と比較しても、それぞれの車両の車体長、主電動機出力、最大乗車人及び車両重量などの差を考慮しても列車の加減速性能において性能はほぼ同等である。

- AW4¹²条件の列車が 2 両の動力をカットした状態で 4%の上り勾配を登攀できる。
- AW0¹³の列車が AW4 条件の自力走行不能の列車を 4%の上り勾配を押し上げることができる。

KMRCL の電車の主な仕様を表 4.4.15 に、インド国の車両基準、日本の東京メトロ銀座線との比較表を表 4.4.16 に示す。

表 4.4.15 車両設備の仕様

| 項目 | 仕様 | | | | | | |
|----------|---------------------------------|------------------------|---|--------------------------|----------------------|-------------|--------|
| 軌間 | 1435mm | | | | | | |
| 電源方式 | 750V DC 第3軌条 | | | | | | |
| 最高速度 | 設計最高速度：90km/h 運転最高速度：80km/h | | | | | | |
| 列車編成 | 6両編成(DMC.TC.MC.MC.TC.DMC) | | | | | | |
| 車体 | ステンレス鋼 | | | | | | |
| 寸法 | | | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | | |
| | Driving Motor Car (DMC) | | | 20.9 | 2.88 | 3.9 | |
| | Trailer Car (TC) Motor Car (MC) | | | 20.5 | 2.88 | 3.9 | |
| | 床面高さ | | | 1130mm | | | |
| 旅客定員 (人) | | DMC | | TC/MC | | 6 Car Train | |
| | | Normal | Crush | Normal | Crush | Normal | Crush |
| | 座席定員 | 43 | | 50 | | 286 | |
| | 立席定員 | 210 | 283 | 230 | 304 | 1,336 | 1,782 |
| | 合計 | 253 | 326 | 280 | 354 | 1,622 | 2,068 |
| 重量 (ton) | | DMC | | TC/MC | | 6 Car Train | |
| | | Normal | Crush | Normal | Crush | Normal | Crush |
| | 空車 | 40 | | TC:38 | MC:40 | 236 | |
| | 旅客 | 16.58 | 21.19 | 18.07 | 23.01 | 105.43 | 134.42 |
| | 合計 | 56.58 | 61.19 | TC : 56.07 MC : 58.07 | TC:61.01 MC:63.01 | 341.43 | 370.42 |
| 軸重 | 16ton (最大) | | | | | | |
| 車両性能 | 加速度 | 1.0km/sec ² | ブレーキ減速度 通常 1.0km/sec ² 非常：1.3km/sec ² | | | | |

出典：修正 DPR

注：インドでは立席の容量として Normal (6人/m²)、Crush (8人/m²) を採用している。

¹² AW4：定員いっぱい (2,068人) に乗客が利用している状態

¹³ AW0：空車の状態

表 4.4.16 車両諸元の比較

| | Standardization of Rolling Stock for Metro in INDIA | Kolkata Metro Train Set | Tokyo Metro 1000 Series Train Set |
|-----------------|---|---|--|
| Dimension | Midium Metro (PHPDT Up to 45000) Axle Load 16t L=23m(Max) W=2.9m Gauge 1435mm | MRT PHPDT 42730 at 2035 Axle Load 16t L=20.05m(DMC),20.5m(TC,MC) W=2.76m Gauge 1435mm | Axle Load 6.6t - 7.3t L=16.0m W=2.55m Gauge 1435mm |
| Traction System | 25KV AC(OHE) or 750V DC(Third rail) | 750V DC (Third rail) | 600V DC (Third rail) |
| Motorized Ratio | Minimum 67% | 6Car 4M2T (67%) 180kw X 16 Motor | 6Car 2.5M3.5T (41.7%) 120kw 120kw X 10 Motor |
| Acceleration | Average Acceleration 1.0km/h/s (AW4 @8/sqm) | 1.0m/s ² (3.6km/h/s) | 3.3km/h/s (0.9m/s ²) |
| Deceieration | Service Braking 80k/h-0k/h 1.0km/h/s (AW4 @8/sqm) Emergency brake 8k/h-0k/h 1.3km/h/s (AW4 @8/sqm) | 1.0m/s ² (3.6km/h/s) 1.3m/s ² (4.7km/h/s) | 4.0km/h/s (1.1m/s ²) 4.4km/h/s (1.2m/s ²) |
| Mximum speed | 80km/h-90km/h | 80km/h | 80km/h |
| Train Weight | ***** | Tare: 240.5ton AW4:375ton | Tare:164.5ton 250% on board 256ton |
| Train Capacity | ***** | AW4 2068 passengers | 250% on board 1526 passengers |

出典：JICA 調査団

4.4.7 建築・設備等

(1)計画変更による駅位置の変更

前 2.3 節で記載している路線および線形の変更により駅位置も変更の対象となった。この変更に伴い、当初設定されていた Central 駅がキャンセルされ、Esplanade 駅が新たに新設されている。更に Mahakaran 駅は、当初の位置から南へ移動された。以下に 2016 年 1 月発行の修正 DPR に記載されている計画概念図を基にした計画変更概要図を示す。



出典：修正 DPR を基に JICA 調査団

注：元の図に東西南北の縮尺に違いがある為、スケールを取ることができない。

図 4.4.18 計画変更による駅位置の変更概念図

New Mahakaran 駅は、計画変更前と比べると南に約 500m 移動している。新駅位置にはトラム駅およびバスターミナルがあり、運行開始後の都市交通の利便性向上につながる。計画地周辺は官庁街であり商業地域としても賑わいのある地区である。一方、当初計画の Central 駅はその計画上の道路が狭くかつ地下構造物（主に基礎）が多い場所であり、駅設置には大規模な土地収用が必要であったことから、今回の線形変更と併せ、南北線との接続駅を Esplanade 側に移動した経緯がある。新しい計画地となる

Esplanade 駅周辺は、殆どが政府（軍所有のものも含む）所有の空地または公園¹⁴であり、現況の機能としては市バスのターミナルやトラムの乗換駅などがある。南北線 Esplanade 駅（地下駅）以外にも現在 Phase-I の計画実施が進む Joka 線の終点駅（地下駅）が計画されており、東西線と併せて 3 鉄道路線、バス、トラムを併せた総合乗換駅として機能することとなる。

上記の如く駅位置が変更されたことで、他の交通モードとの接続が拡大し、これらの駅利用が活発になることが想定されるため、最新の利用者数予測も含めた施設計画および整備計画実施について確認を行った。確認にあたっては、本調査の目的である、円借款審査に係る必要情報の収集と、修正 DPR の技術的観点でのレビューを踏まえ、事業の適性等の判断を行った。

(2)計画変更内容の技術的検証方法

1)技術検証方法

建築・設備等に係る技術的検証にあたっては、インド国内で開発が進んでいる他のメトロ事業などを比較対象としつつ、以下に挙げる方法を適用し総合的な検証を行った。

- 修正 DPR を基に、KMRCL および GC への技術的内容のヒアリングと情報の確認
- GC 内での当該分野計画関連技術者等への技術内容等の確認
- 計画段階で準備された計画・設計資料のレビュー
- 施工業者選定に係る入札図書¹⁵として作成された資料等のレビュー
- 当該路線開発計画実施が始まった時期とほぼ同時に実施事業が開始された Chennai 地下鉄整備事業における DPR を含めた比較検討資料の活用
- その他関連する行政機関等へのヒアリングからの情報分析

2)主な確認点

本調査において円借款審査に関連し、特に問題となる事業費算出と関係する以下の計画内容について慎重に検証を行った。事業実施では土地収用問題が工程や事業費等に大きな影響を与えるため、駅の各施設計画と各分野計画の整合性確保の方法、各種規定に基づく設備規模算定方法などについて、追加土地収用の必要性が無いことを確認、検証した。

- 従前の事業実施で大きな問題となっていた施設整備に係る土地収用状況
- 建築の構造や規模にも影響を与える、NFPA-130¹⁶に係る避難規定の適合
- 建築、設備、軌道、トンネル、信号設備等関連計画整合性に係るインターフェース管理

(3)土地収用に係る技術的な問題点の確認

従前の DPR および修正 DPR には、計画対象の各駅の計画図は示されておらず、これはインド国内のメトロ開発に係る DPR の通例である。F/S 段階で概略的に駅施設及び関連建築等のレイアウトを想定し土地収用計画を DPR で取り纏めている。計画路線変更に関連し、既に GC が New Mahakaran 駅及び Esplanade 駅の基本レイアウトを計画し、それに基づき駅出口と地上施設（変電施設や換気塔など）の位置を決定し、入札を完了している。入札図書の一部である一般建築図面によると、これら対象駅施設は全て政府所有の土地の中に計画されており、追加の土地収用は必要ないことが確認された。また、KMRCL および GC との合同協議時にも、駅施設および関連施設整備に係る土地収用の問題はないという回答を受けている。以下の表 4.4.17 に主な施設整備と設置場所を整理した。また、続く図 4.4.19 および図 4.4.20 に同 2 駅の地上部分計画図を示す。計画地にある軍の土地についても、1,639m²の利用許可を KMRCL は入手しているとのことである。

表 4.4.17 New Mahakaran 駅および Esplanade 駅の地上施設計画と土地利用の関係

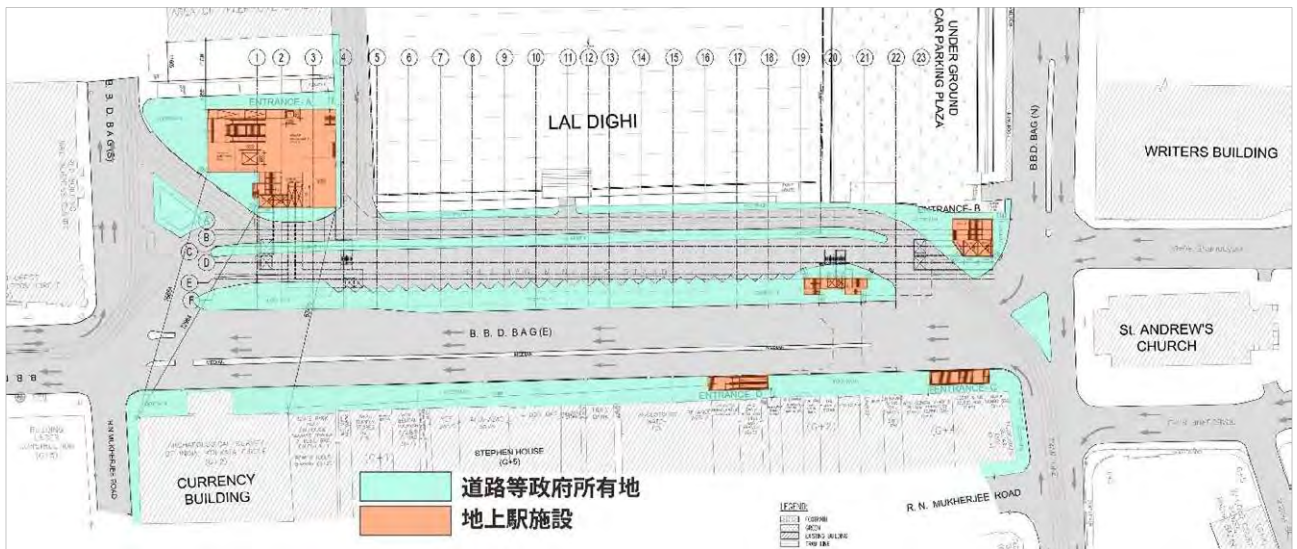
¹⁴ Esplanade Chowk 交差点西に位置する Curzon Park や Rani Rashmoni Park 内に位置している。

¹⁵ Contract UG2 に関連する入札図書を参考とした。

¹⁶ 米国の National Fire Protection Association が鉄道関連設計に係る火災に対する安全標準・規定等をまとめたもの。

| | 地上施設 | 設置場所 | 土地収用問題の有無 |
|---------------|-------------------|---------------|-----------|
| New Mahakaran | 駅出入口 | 歩道等 (RoW) | 無 |
| | 換気シャフト | 政府所有地および歩道の一部 | 無 |
| | 地上変電設備 | 政府所有地および歩道の一部 | 無 |
| | 地上空調設備 (チラープラント等) | 政府所有地および歩道の一部 | 無 |
| | その他施設 | 政府所有地および歩道の一部 | 無 |
| Espalande | 駅出入口 | 政府所有地内の公園、歩道等 | 無 |
| | 換気シャフト | 政府所有地内の公園、歩道等 | 無 |
| | 地上変電設備 | 政府所有地内の公園、歩道等 | 無 |
| | 地上空調設備 (チラープラント等) | 政府所有地内の公園、歩道等 | 無 |
| | その他施設 | 政府所有地内の公園、歩道等 | 無 |

出典：KMRCL、GC へのヒアリングおよび修正 DPR に基づく入札図書等を基に JICA 調査団



出典：KMRCL 入札図書 (CONTRACT UG-2) の図面を基に JICA 調査団 (Not to Scale)

注：図の緑の部分は駅施設が配置される主な道路・歩道等の部分 (RoW) である。

図 4.4.19 New Mahakaran 駅の地上施設レイアウトと政府所有地の関係



出典：GC 作成の NFPA-Report にある図面を基に JICA 調査団 (Not to Scale)

図 4.4.20 Esplanade 駅の地上施設レイアウトおよび他路線駅位置と政府所有地の関係

(4)計画変更に伴う将来需要の変化と計画への反映

前出の入札図書に含まれる建築設計図面から、New Mahakaran 駅は地下3層の12m幅の島式プラットフォームの標準地下駅に準じた設計である。一方、Esplanade 駅は、その立地から南北線および Joka 線との接続、バスやトラムとの接続から大きな利用者数が見込まれており、地下4層構造にプラットフォームは12m幅の島式と5m幅対向式の3プラットフォームによるレイアウトが計画されている。これらの駅は、修正 DPR に示される利用者予測を基に計画されているが、最新のピーク時利用者数を適用した場合でも設計に問題が無いことの確認が必要である。特に避難に関する設計で大幅な変更がある場合、地下構造物自体が大きくなり事業費にも影響することから、避難に関する適用基準である NFPA-130 に準拠しているかを確認する為、GC が取り纏めた計算資料¹⁷を確認した。

1) NFPA-130 に基づく避難設計基準

NFPA-130 による地下駅安全設計基準のうち、避難計画に係る重点項目は以下の通りである。

- 火災等発生時にプラットフォーム階から非難が必要な場合、ピーク時人口から計算される利用者全てが4分以内に同プラットフォーム階から非難出来ること。
- 火災等発生時にプラットフォーム階から非難が必要な場合、ピーク時人口から計算される利用者全てが、地下駅における安全区域 (Safe Zone) に6分以内に避難できること。
- 地下駅における安全区域 (Safe Zone) はコンコース階とする。

2) 基本設定条件

駅施設避難設計にあたり、東西線計画では以下の諸条件を設定している¹⁸。

- 設計対象年度は2035年とし、その時点でのピーク時利用者数を基にする。
- 車両運行間隔は2.5分とする。
- 運行の遅れ等で6分間(2スケジュール分)の乗車待ち人口を見込む。
- 避難方向に動くエスカレータは121ppmの速度として経路計算に含む。ただし、うち1台は計算に含まないものとする¹⁹。
- 通常運行している車両は火災等発生時でも駅に到着することとし、その車両から下車する利用者数も計算に含める。
- 駅のピーク時乗客収容量は計画需要予測値の55,100PHPDTとする。
- 車両1編成(6両)の最大乗客数を2,068人²⁰とする。
- ピーク時の駅利用者誤差係数²¹を1.2とする。

3) 入手している DPR に基づく利用者数予測

GCがこれまでに駅避難設計の確認をするために採用している修正 DPR では以下の表の利用者数予測が立てられている。

表 4.4.18 2035年時駅利用者数予測 (単位:人)

| 利用に係る特定駅間 | | 日利用者数 | PHPDT |
|---------------|-----------|---------|--------|
| New Mahakaran | Esplanade | 427,675 | 33,436 |
| Esplanade | Sealdah | 499,042 | 23,503 |

出典:修正 DPR

注:PHPDTは、Peak Hour Peak Direction Traffic の略(ピーク時方面毎利用者数)

次に同修正 DPR に記載されている2035年の同2駅のピーク時利用者数予測を表 4.4.19 に示す。

¹⁷ GCは、コントラクターである ITD-ITD CEM Joint Venture が作成したものを確認資料の一部としている。

¹⁸ 「Contract UG-2」契約書に含まれる「Employer's Requirements」の中にも記載されている。

¹⁹ メンテナンスまたは故障等で使用できないことも想定されている。

²⁰ 当初の6両編成車両の定員は1,626人となっており、当初GCはこの数値をNFPA-130基準計算に適用していた。

²¹ 避難設計を更に安全側に設定する為、ピーク時の利用者数に乗じる誤差係数。利用者需要にも誤差が生じる想定に基づく。

表 4.4.19 2035 年時の日・ピーク時利用者数予測（単位：人）

| 駅名 | ピーク時乗車 | ピーク時下車 | ピーク時総利用者数 | 日利用者数 (Boarding のみ) |
|---------------|--------|--------|-----------|---------------------|
| New Mahakaran | 6,510 | 20,390 | 26,900 | 112,063 |
| Esplanade | 13,335 | 41,765 | 55,100 | 229,583 |

出典：修正 DPR

4) 駅避難設計の基礎計算

上記の各設定条件と 2035 年時利用者数予測を基に、駅毎のピーク時駅利用者負荷計算の確認を GC が行っている。

本事業では駅整備に係る設計は、Design and Build の契約方式から、落札施工者が基本計画及び各仕様に併せ詳細設計を行い施工することとなっている。これを踏まえ、GC が概略設計を基にまとめた設計仕様書²²では、施工者が NFPA-130 に準拠するように、利用者数予測を基に 2035 年時点での駅施設規模を計算し、避難設計の安全性の検証を行うことが義務付けられている。

その上で、UG-2 パッケージの契約業者である ITD-ITCEM Joint Venture が「Station Sizing and Egress Analysis Report」を各計画・施工対象駅で作成し、GC がこれを確認・承認している。

同レポートでは各駅の避難設計とプラットフォームのサイズや避難経路（階段、エスカレータ、通路など）の許容値が算出されており、NFPA-130 に準拠していることが確認できた。ただし、JICA 調査団が確認している資料は、上記修正 DPR に記載の利用者数予測値を基にしたレポートである（参考として、Esplanade 駅の計算報告書を添付資料とする）。

5) 最新の駅利用者数予測

2017 年 6 月版の RITES 作成「Study on Traffic Demand Forecast」に示されている New Mahakaran 駅、Esplanade 駅の 2035 年時駅利用者負荷を以下の表 4.4.20 に示す。この予測値は、Scenario-2²³の適用で、延長部分は除いた東西線整備計画全区間開業後の予測値である。

表 4.4.20 2035 年時 Line-2 駅利用者負荷予測 (SCENARIO-2) (単位：人)

| 駅名 | Santragachi to Biman Bandar (Howrah Maidan to Salt Lake Sector V) 2035 | | | | | |
|---------------|--|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | SNG⇒BMB | | BMB⇒SNG | | Total | |
| | Boarding | Alighting | Boarding | Alighting | Boarding | Alighting |
| New Mahakaran | 73,538 | 11,220 | 6,306 | 75,535 | 79,843 | 86,756 |
| Esplanade | 158,234 | 49,761 | 54,545 | 167,267 | 212,779 | 217,028 |

出典：RITES 作成の「Study on Traffic Demand Forecast」2017 年 6 月版

注：SNG=Santragachi Station、BMB=Biman Bandar Station

RITES による最新の需要予測では、各駅でのピーク時利用者予測データが揃っておらず、修正 DPR との比較としては、日利用者数の合計から想定するしかない。

表 4.4.21 2035 年時駅利用者負荷予測比較 (単位：人)

| 利用者数予測値 | New Mahakaran 駅 | Esplanade 駅 |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| 修正 DPR 日利用者 (乗車側のみ) | 112,063 x2 | 229,583 x2 |
| 2017/6 Report 日利用者 | 166,599 | 429,807 |
| 修正 DPR ピーク時利用者数 | 26,900 (日利用者の 12%) | 55,100 (日利用者の 12%) |
| 2017/6 Report ピーク時利用者数 | 19,992 | 51,577 |

出典：JICA 調査団

表 4.4.21 の比較では、2016 年 DPR に日利用者数の Boarding (乗車) 数予測しかなく、Alighting (下車) は乗車予測数の同数を適用した数値を日利用者数とした²⁴。上表の比較から、New Mahakaran

²² 「Contract UG-2」契約書に含まれる「Employer's Requirements」がある。この中の「Section C, Clause 5.1」で施工者の駅避難計画の為の計算と分析が義務化されている。

²³ SCENARIO-2 は「Metro Network without Line-2A and Line-2B (without Extensions of Kolkata East-West Metro Corridor)」とされており、このシナリオの区間は Howrah Maidan から Salt Lake Sector V までである。SCENARIO-1 は、上記に Santragachi までの西部延長と Biman Bandar までの東部延長を含む全区間を開発するシナリオである。

²⁴ 2017 年 6 月版の利用者数予測では、乗車数と下車数の予測値はほぼ同数であることから、これを適用している。

駅では、日利用者予測値が約 0.74 倍、Esplanade 駅では、約 0.94 倍となっている。最新の RITES レポートにピーク時利用者予測が無いことから、想定としてこれらの日利用者増加率を適用した場合、New Mahakaran 駅のピーク時利用者数は、19,992 (約 2 万) 人、Esplanade 駅では、51,577 (約 5.2 万) 人となる²⁵。一方、GC の建築担当者への聞き取りでは、各 DPR と 2017 年 6 月の RITES 予測それぞれに数値の欠落があることから、上記計算もあくまで「推定適合」とみなすものであり、安全側を考慮した数値を別途適用しているとのことである。GC によると、12%のピーク時利用者数よりも更に厳しい数値として 15%のピーク時利用者を適用し計算しているとのことである。よって、Esplanade 駅でのピーク時利用者数は、64,471 人 (429,807x15%)、New Mahakaran 駅では、24,990 人 (166,599x15%) が基準値となる。現在 GC はこれら最新のデータを施工者に提供し、最新の駅設計分析が行われているとの情報である。よって、現段階では最新の確認計画資料が無い状況になる。この状況を鑑み、入手した駅舎建築図面²⁶を基に、プラットフォームから安全区域であるコンコース階への避難経路規模を踏まえ、ピーク時利用者の増加分を安全に避難させることが出来る追加避難階段等が設置可能かを以下に記載するプロセスで概略的に検証した。

➤ Esplanade 駅

添付資料としている「Station Sizing & Egress Calculations Report-Esplanade」に記載のある、Attachment-1 の 2035 年乗降者数予測表、ピーク時流動率計算表 (分) を基に、プラットフォーム利用者密度計算を行った。その結果を以下に順を追って記述する。まず、Esplanade 駅でのピーク時利用者数の計算結果を以下の表 4.4.22 に示す。

表 4.4.22 Esplanade 駅でのピーク時利用者予測 (2035 年) (単位：人)

| 東方面運行 | | 西方面運行 | | 乗車人口 合計 | 降車人口 合計 | ピーク時駅 利用者密度 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 乗車 | 下車 | 乗車 | 下車 | | | |
| 13,975 (a) | 21,860 (b) | 13,975 (c) | 15,190 (d) | 27,950 | 37,050 | 65,000 ²⁷ |
| 乗車人口合計 の 50%で計算 | 降車人口合計 の 59%で計算 | 乗車人口合計 の 50%で計算 | 降車人口合計 の 41%で計算 | ピーク時利用 者密度の 43% で計算 | ピーク時利用 者密度の 57% で計算 | 日利用人口 429,807 人の約 15%で計算 |

出典：JICA 調査団

注：表下段の計算根拠は、Esplanade 駅の計算報告書 (ITD-ITD Cem JV 作成) を基に計算比率を算出。

次に、上表で算出されているピーク時方面別乗降者数を基に、ピーク時 1 分間の人口流動率を計算したものを、以下の表 4.4.23 に示す。

表 4.4.23 Esplanade 駅でのピーク時 1 分間の利用者流動率 (2035 年) (単位：人)

| 東方面運行 | | 西方面運行 | | 乗車人口 各分合計 | 降車人口 各分合計 | ピーク分駅 利用者密度 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| 乗車/分 | 下車/分 | 乗車/分 | 下車/分 | | | |
| 280 (e) | 437 (f) | 280 (g) | 304 (h) | 560 (j) | 741 (k) | 1,301 |
| (a) ÷ 60 x 1.2 | (b) ÷ 60 x 1.2 | (c) ÷ 60 x 1.2 | (d) ÷ 60 x 1.2 | (e) + (g) | (f) + (h) | (j) + (k) |

出典：JICA 調査団

注：表 4.4.22 の算出数値を活用し、表下段の計算方法で算出する。60=60 分、1.2=人口誤差係数。

表内の (a) ~ (d) は、表 4.4.22 に記載の数値を参照している。

上記計算結果を基に、プラットフォーム利用者密度 (POL²⁸) が以下の表 4.4.24 の通り計算される。

²⁵ 修正 DPR の予測値よりも 2017 年 6 月の利用者予測が減少することは、都市人口増加等を考慮すると、実際には考えにくい結果であるが、作成者である RITES の持つデータの精度が上がった結果として、より精度の高い予測数値になったと考えられることから、この数値を基礎数値として適用した。

²⁶ 修正 DPR のデータを基にした計画である。

²⁷ 64,471 人を基に、安全側の数値として、65,000 人を適用。

²⁸ Platform Occupancy Load

表 4.4.24 Esplanade 駅でのプラットフォーム利用者密度 (POL) (2035 年) (単位: 人)

| Case-01 | | | | Case-02 | | | | 最大設計 POL | | |
|--------------------|---------|-----------------|-------------|---------|-----------------|-------------|--------------------|----------|-------|---------------------------------|
| 問題発生 of 路線 (東方面運行) | | 問題のない路線 (西方面運行) | | POL | 問題のない路線 (東方面運行) | | 問題発生 of 路線 (西方面運行) | | POL | |
| 最大乗車人口 | 1 編成許容値 | 最大乗車人口 | 1 編成許容値 | | 最大乗車人口 | 1 編成許容値 | 最大乗車人口 | | | 1 編成許容値 |
| 1,680 | 2,068 | 700 | 0 | 4,448 | 700 | 0 | 1,824 | 2,068 | 4,592 | Case-01 Case-02 の POL 最大値を適用 |
| (e) x 6 | 車両の仕様 | (g) x 2.5 | 他線で問題発生時は通過 | 左記の合計 | (e) x 2.5 | 他線で問題発生時は通過 | (h) x 6 | 車両の仕様 | 左記の合計 | |

出典: JICA 調査団

注: 表 4.4.23 の算出数値を活用し、表下段の計算方法で算出する。6=運行の遅れ時間(分)、2.5=車両運行間隔。表内の(e)、(g)、(h)は、表 4.4.23 に記載の数値を参照している。

表 4.4.24 によると、Case-02 の POL が大きいことから、こちらの数値(上表のゴシック数値)を採用²⁹し、各プラットフォームの非常時分担率を計算する。それぞれのプラットフォームに計画している階段・エスカレータの寸法・数量から非難時間を計算すると、下表 4.4.25 の様にまとめられる。事故発生車両の入線するプラットフォーム側に避難密度が大きく分担される厳しいシナリオ設定として計算している。

表 4.4.25 Esplanade 駅での POL 分担と避難時間計算 (2035 年)

| Platform | POL | エスカレータ・階段の数量 | 幅 | 合計幅 | 人の1分当たり歩行距離 | 1 分間処理力(人) | Platform 処理時間合計 | 可否 |
|----------|--|--------------|------|-----|-------------|------------|-----------------|----|
| 北 | 350 (A) 700/2 | 一般階段 2 | 1.8 | 3.6 | 55 | 198 | | |
| | | エスカレータ 1 | 1 | 1 | 55 | 55 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (A) ÷ 391 | |
| | | 合計 | | | | 391 | 0.90 | OK |
| 中央 | 2,296 (B) 1824/2+ 2068/2+ 700/2 | 一般階段 4 | 1.8 | 7.2 | 55 | 396 | | |
| | | エスカレータ 3 | 1 | 3 | 55 | 165 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (B) ÷ 699 | |
| | | 合計 | | | | 699 | 3.28 | OK |
| 南 | 1,946 (C) 1824/2+ 2068/2 | 一般階段 2 | 1.8 | 3.6 | 55 | 198 | | |
| | | エスカレータ 1 | 1 | 1 | 55 | 55 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (C) ÷ 391 | |
| | | 合計 | | | | 391 | 4.98 | NG |

出典: JICA 調査団

注: NFPA-130 の基準では、Platform 処理時間合計が 4 分以下となる必要がある。POL 計算の数値は、表 4.4.24 の Case-02 の数値を適用している。

上記計算では、利用者数増加に伴い、現状の GC から入手している Esplanade 駅では、避難設計上 NFPA-130 の条件を満たしていないことから、階段等の数量または幅を増加し、処理時間合計ですべてのプラットフォームが 4 分以内で避難完了できるよう、計画変更の必要がある。そこで、どの程度の変更が必要かを確認する為に以下の表 4.4.26 に示すような変更を加えることで、すべてのプラットフォームが条件を満たすことを確認した。

²⁹ POL の大きい計算結果をより非難の難しい条件として採用する。

表 4.4.26 利用者数見直し後の Esplanade 駅での POL 分担と避難時間計算 (2035 年)

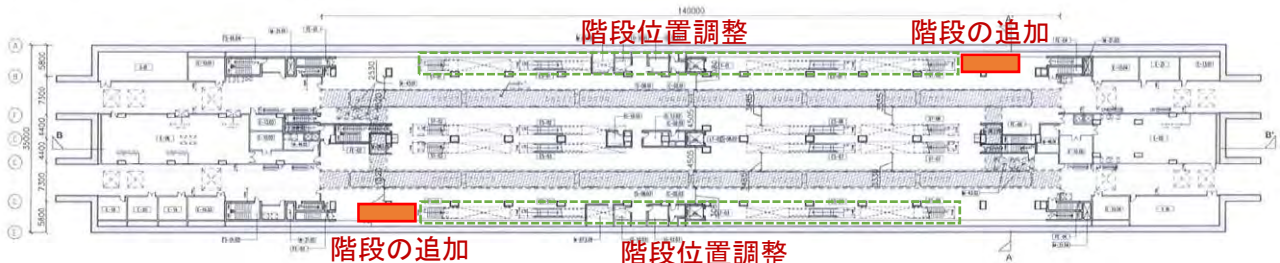
| Platform | POL | エスカレータ・階段の数量 | 幅 | 合計幅 | 人の分歩行距離 | 1 分間処理力(人) | Platform 処理時間合計 | 可否 |
|----------|-----------|--------------|------|-----|---------|------------|-----------------|----|
| 北 | 350 (A) | 一般階段 3 | 1.8 | 5.4 | 55 | 297 | | |
| | | エスカレータ 1 | 1 | 1 | 55 | 55 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (A) ÷ 490 | |
| | | 合計 | | | | 490 | 0.90 | OK |
| 中央島式 | 2,296 (B) | 一般階段 4 | 1.8 | 7.2 | 55 | 396 | | |
| | | エスカレータ 3 | 1 | 3 | 55 | 165 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (B) ÷ 699 | |
| | | 合計 | | | | 699 | 3.28 | OK |
| 南 | 1,946 (C) | 一般階段 3 | 1.8 | 5.4 | 55 | 297 | | |
| | | エスカレータ 1 | 1 | 1 | 55 | 55 | | |
| | | 避難階段 2 | 1.25 | 2.5 | 55 | 138 | (C) ÷ 490 | |
| | | 合計 | | | | 490 | 3.97 | OK |

出典：JICA 調査団

注 1：NFPA-130 の基準では、Platform 処理時間合計が 4 分以下となる必要がある。

注 2：北・南のプラットフォームでは、事故発生が逆方向となることも想定し、同一のエスカレータおよび階段の設置数とする必要がある。

前表 4.4.26 より、Esplanade 駅の設計には、階段追加など設計見直しが必要と考えられる。この場合、対向式プラットフォームに階段を追加する必要から、上部コンコース階にある機械室を他のものと入れ替えるなど、平面計画の見直しが必要となる。ただし、Esplanade 駅には利用者動線確保した場合でもまだ利用可能なスペースが残っていることから、設計の見直しは可能である（後述の(6) Esplanade 駅の計画概要と同概略図参照）。更に、事故発生時の車両からの避難分担を中央島式および対向式プラットフォームで比率を再検討することも可能であり（PSD の非常時運用方式の見直しと併せての検討となる）、必要階段数を削減できる可能性もある。以下の図 4.4.21 に設計調整の可能性案を示す（実際は施工者が詳細設計する）。



出典：GC 作成の基本計画図面を基に JICA 調査団 (Not to Scale)

図 4.4.21 Esplanade 駅プラットフォーム階の計画変更の可能性 (案)

▶ New Mahakaran 駅

前出の表 4.4.21 を見ると、ピーク時利用者数は Esplanade 駅同様に 12%として設定されている。この係数を使い、更に GC が適用している 15%係数を採用し、最新の需要を基にピーク時利用者数を計算すると、利用者密度は 24,990 人となる。この数値は、2016 年 DPR による数値より依然小さいことから、New Mahakaran 駅での非難時間設計は現状のもので問題無しと判断される。

上述の通り、概略的な検証ではあるが Esplanade 駅、New Mahakaran 駅ともに最新の利用者需要に対して避難導線（階段等）の追加と見直しを行うことで駅の安全性を確保した計画が達成され、Cut & Cover の土木構造物自体の設計寸法を変更する必要は無いと判断される。詳細な設備レイアウトなどについては施工者の詳細設計を GC が今後十分に確認する必要があるが、一般駅と違いこれら 2 駅はコンコース階も複層化されており、建築および設備計画の変更で大きな問題は発生しないと判断される。

(5) 建築・設備等各設計項目の確認

対象となる New Mahakaran 駅と Esplanade 駅の建築・設備の機能を確認する為に、インド国の他のメトロ事業での計画基準を用いて比較を行った。ここでは、同時期に事業実施が始まったチェンナイ地下鉄を比較対象として確認した。以下に、各事業の DPR から駅舎設計に必要とされる諸施設の一覧を比較表 4.4.27 として示す。

表 4.4.27 コルカタメトロおよびチェンナイメトロの DPR 記載の駅基本施設一覧比較

| Table S 2 STATION ACCOMMODATION | | | |
|---------------------------------|---|---|--|
| Kolkata Metro DPR | 1. Station Control Room | 2. Security Room | |
| | 3. Station Master's Office | 4. First Aid Room | |
| | 5. Waiting Room | 6. Miscellaneous Operations Room | |
| | 7. Information & Enquiries | 8. Train Crew Supervisor's Office | |
| | 9. Ticket Office | 10. Platform Supervisor's Booth | |
| | 11. Ticket Hall Supervisor & Excess Fare Collection | 12. Train Crew Room (at Terminal Stations only) | |
| | 13. Cash and Ticket Room | 14. Signaling Room | |
| | 15. Staff Area /Staff Toilets | 16. Communications Room | |
| | 17. UPS and Battery Room | 18. Station Substation | |
| | 19. Station Store Room | 20. Fire Tank and Pump Room | |
| | 21. Refuse Store/ Cleaner's Room | 22. Commercial Outlets and Kiosks | |
| | STATION ACCOMMODATION | | |
| | Chennai Metro DPR | 1. Station Control Room | 2. Cleaner's Room |
| | | 3. Station Master's Office | 4. Security Room |
| | | 5. Information & Enquiries | 6. First Aid Room |
| | | 7. Ticket Office | 8. Miscellaneous Operations Room |
| | | 9. Ticket Hall Supervisor & Excess Fare Collection (Passenger Office) | 10. Platform Supervisor's Booth |
| | | 11. Cash and Ticket Room | 12. Traction Substation (alternate Stations) |
| | | 13. Staff Area | 14. Fire Tank and Pump Room |
| | | 15. Staff Toilets | 16. Commercial Outlets and Kiosks |
| | | 17. Station Store Room | 18. UPS and Battery Room |
| 19. Refuse Store | | 20. Signaling / Communication Room | |

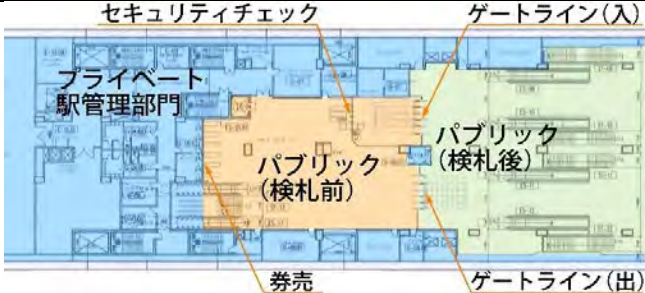
出典：各事業 DPR 情報を基に JICA 調査団作成

どちらかの事業 DPR に無い施設を赤枠で示しているが、基本的にどちらの事業でもこれら施設は計画に含まれている。「Train Crew」に関連する機能は実際の運行計画に必要となる駅が決まるもので、同機能が必要である駅とそうでない駅が存在する場合がある。「Station Substation」または「Traction Substation」は基本的に地上部分に別棟として計画される場合が多いが、やはり運行計画や車両用電力供給で必要なる駅に設置されることとなる。事業全体では GC の基本計画段階で十分な検討がなされていることを確認している。

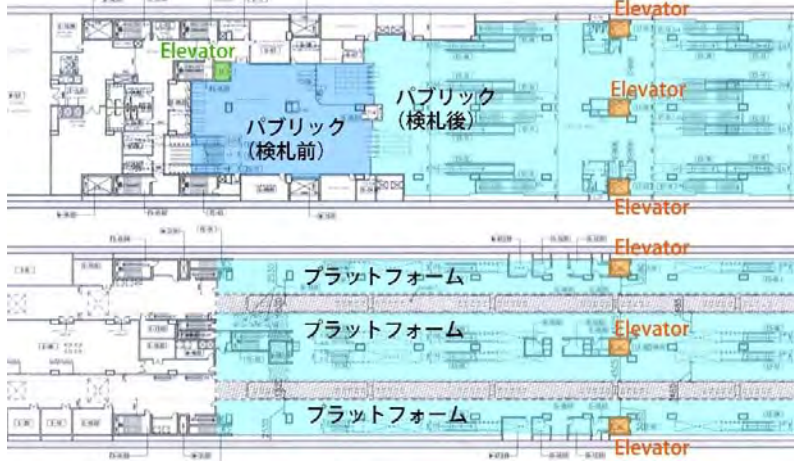
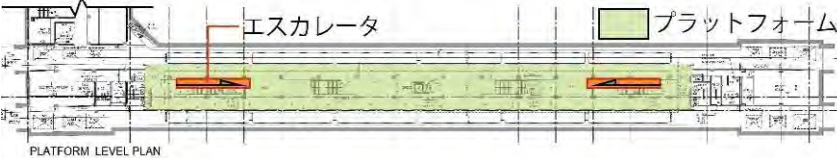
これら以外にも、特に地下駅施設では空調関連機械室やトンネル換気用機械室（ともに駅端部側設置が一般的な位置である）などが設置されるが、GC から提供された入札図書等に示される基本計画図面や仕様書で必要条件や規定等は網羅されている。その他、本調査対象となる地下駅舎計画に係る計画の確認点を以下の表 4.4.28 にまとめ、GC の計画内容を基に評価した。

表 4.4.28 コルカタメトロ地下駅（対象2駅のみ）基本施設計画評価一覧

| 施設内容 | 計画内容 | 評価のポイント | 妥当性 |
|----------------------|--|---|---|
| 軌道レベルと駅プラットフォームレベル計画 | <p>路線変更区間に重要建築物等があることから、通常よりも深い位置にトンネルが設定されている。また、南北線の下を線形が通ることから、駅舎も深い位置に計画されている。</p> <p>Esplanade: GL-21,000m（軌道 L.） : GL-19,920m（PL.L.） New Mahakaran : GL-17,000m（軌道 L.） : GL-15,915m（PL.L.）</p> | 各駅で必要なトンネル深度が設定され、これに合わせた軌道レベルとなり、各駅はこの軌道レベルからプラットフォーム高さを設定、コンコース階等各階を計画している。 | 良 |
| | <p>Esplanade 駅 断面図</p> <p>New Mahakaran 駅 断面図</p> | | |
| 駅位置 | <p>New Mahakaran 駅は当初計画位置から南に 500m 強移動し、トラム及びバスターミナルとの接続を達成。</p> <p>Esplanade 駅は南北線既存駅の西、公園内に計画され、トラム駅、バスターミナルとの接続でマルチモーダル化を図っている。</p> | <p>設定位置はバス停など道路部分が広い位置で施工も容易である。バス停・トラムの移設が必要である。</p> <p>公園内での施工であり、土地収用問題もなく（軍用地の使用も許可取得済み）、交通ネットワーク強化が可能。</p> | <p>可： 工事中的他モード営業への影響は一時的</p> <p>可： 工事中的他モード営業への影響は一時的</p> |
| 駅間距離 | Esplanade 駅から Sealdah 駅までの区間が非常に長いですが、土地収用ができないため換気塔のみ計画することを KMRCL が既に決定済み。 | 中間駅設置に適正な場所が無く、土地収用問題回避や既存建物への影響の最小化対策としており適正と考えられる（4.1.2 参照）。 | 可： サービスの観点では駅設置が良 |
| プラットフォームの設計 | 地下駅には PSD (Platform Screen Door) が設置されることから、幅 12m 以上確保、長さは 6 両編成対応で 140m 確保。 (図 4.4.22、図 4.4.25 参照) | 左記は標準駅の設計である。Esplanade 駅は、他路線との接続駅であり利用人口が大きいことから、3 プラットフォーム計画である。また待合の為の十分な空間を確保している。 | 良 |
| 駅内の用途別空間区画 | 各駅で利用者側の空間 (Public) と駅管理者側の空間 (Private) をわけ、更に Public 空間を検札ゲートラインで Paid・Unpaid に明確に分離 (チケットゲートによる)。 | 各駅明快な機能空間分離がなされている。 | 良 |

| 施設内容 | 計画内容 | 評価のポイント | 妥当性 |
|---------------------|--|---|----------------------------|
| 券売・自動改札機設置位置を含む導線計画 | 各駅で出口位置や階段など利用者の導線が違い、また利用者予測数から AFC 機器の設置台数も異なり、それぞれの駅で計画内容が異なる。 | コンコース階に AFC（券売機・改札機）を設置し、各出入り口の分担圏の利用者予測も加え、数量・位置を決めており、階段・エスカレータ・エレベータの位置とも必要距離を確保する計画である。 | 良 |
| |  <p>Esplanade 駅 西側改札口周辺図（参考）</p> <p>※以下に Esplanade 駅の券売所・ラッチ計画数量³⁰を示す。 （これら必要数量は、次項の数値を使い、駅利用者数を基準に待ち時間計算から必要数を計算している。）</p> <p>TIW（券売窓口）数：東口・6カ所、西口・6カ所</p> <p>AFC Gate（ラッチ）数：東コンコース・8カ所 （In: 3台、Out: 3台、車いす用2台） 西コンコース・8カ所 （In: 3台、Out: 3台、車いす用2台）</p> | | |
| AFC 利用に係る時間と待ち列長の計算 | 設計仕様書に計算基準が示され、これに合わせた設計を行うこととなっている。 以下は処理速度： TIM（券売機）：10人/分 AFC Gate：45人/分 | 基準を満たすことで待合の為の行列による他の利用者動線を阻害することが無くなる。ゲートラインは非常時避難の際は全てがオープンとなり、十分な避難幅を確保する計算もされている。 | 良 |
| 駅出入り口の設置位置の検討 | New Mahakaran 駅では交差点など歩道の広い部分などを利用した出入口設置となっている。 Esplanade 駅に関しては、西ベンガル州交通局が RITES に3路線駅接続施設計画を実施させている。 （図 4.4.19、図 4.4.20 参照） | 他の公共交通機関との接続検討も十分に行うことで、利用者の利便性が確保・向上する。駅周辺へのバランスの良い接続が計画される必要がある。 | 可： バス・トラムとの接続計画改善に可能性あり |
| 各施設計画 | GC による基本計画で（入札図書と同一）必要諸施設は合理的に計画設置されている。これには、非常電源（発電）施設、ポンプ室、給水塔、燃料タンク、冷却プラント、トンネル換気などを含む。 （図 4.4.22、図 4.4.25 参照） | KMRCL では地下駅コンコース内を大きく空間確保する計画であり機械室等は駅端部または地上の別棟内にまとめている。必要面積・寸法についても GC の基本設計において機械設計寸法と仕様に合わせており、各設備との設計調整も適正である。 | 良 |

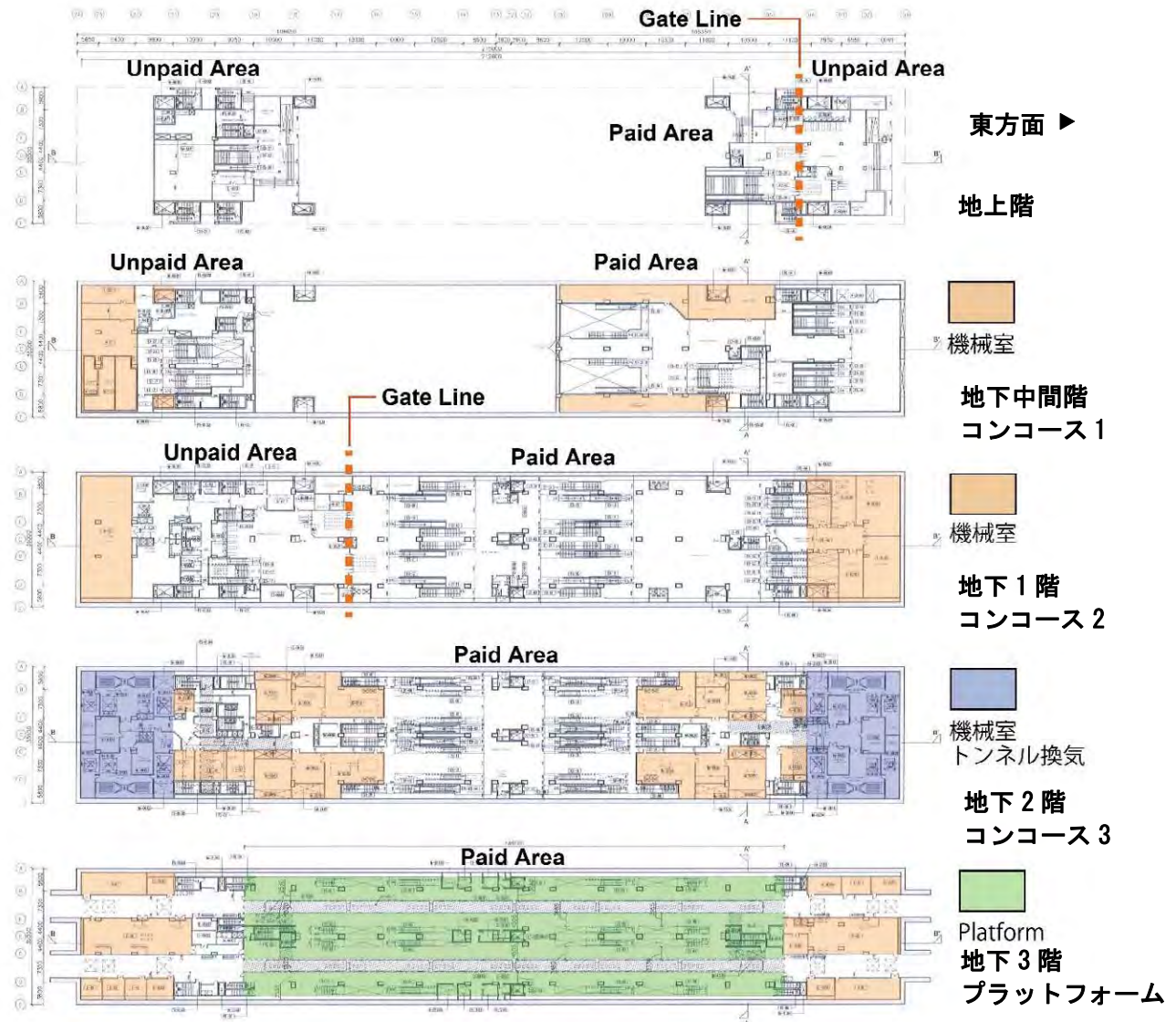
³⁰ 日駅利用者予測から時間単位の利用者数を算定し、これに基づき TIM、AFC Gate 等の必要数量を算出している。RITES による 2017 年 6 月の最新利用者数予測では、前出の通りピーク時利用者数を含め予測値が若干減少していることから、現状の計画数量で問題は無い。

| 施設内容 | 計画内容 | 評価のポイント | 妥当性 |
|---------------------------------------|---|---|------------------------------|
| エレベータ設置 | 地上からコンコース（Unpaid）へのアクセス用に1台、各プラットフォームへのアクセスに1台計画されている。 | 地上部分では道路の両歩道からのアクセス性を確保することが Universal Access の観点で必要であるが、KMRCL の決定に基づいている（DPRでの最低設置基準に準じている）。 | 可：道路両側からアクセス性向上検討 |
| |  <p data-bbox="459 958 1241 1025">注：検札前のエレベータ（緑）は地上入り口からのアクセス用 Esplanade 駅 西側エレベータ計画位置図（参考）</p> | | |
| エスカレータ設置 | 各駅の各プラットフォームおよびコンコース階、地上への出口（全てではない）にエスカレータ設置計画がある。1機を除き避難用にも計算されている。 | 全ての上下移動にエスカレータを設置することが望まれるが、DPRでもすべての設置は求めておらず、各事業主体の決定に任されている（入札段階までに計画区間全線での設置数量を決定するのが一般的である）。 | 可：すべての導線上で上下方向へのサービスを設ける方が良い |
| |  <p data-bbox="459 1503 1209 1536">New Mahakaran 駅ホーム階のエスカレータ計画位置（参考）</p> | | |
| 地下埋設物の移設 | 関係行政機関と調整の上、各インフラライン等の基本的な移設計画を当初 GC が立案しており、のちに施工者が詳細移設計画を立て、関係各行政機関の承認後に施工する。 | 基本的なインフラライン等の設置位置情報は GC で入手しており、その情報から移設概略計画を立てており、これを基に施工者の詳細計画および施工監理が行われている。 | 良 |
| 各計画分野間の計画コーディネーション（インターフェースコーディネーション） | GC には計画インターフェース専門家が配置され、計画段階から計画・設計の調整を行っており、施工段階でも施工者のインターフェース実施管理を行っている。 | 施工に係る詳細設計でも、各施工者が計画連携を図る必要のあるインターフェースを一元化しており、計画連携の総合的管理は達成できている。 | 良 |

出典：JICA 調査団

(6)Esplanade 駅の計画概要

Esplanade 駅の基本設計を GC から入手した入札図書を基に確認した。修正 DPR に規定されている諸施設および NFPA-130 を満たす空間計画がなされており、2016 年 1 月版 DPR の需要予測を基にした設計にコストや工期を大きく修正させる要素はない。契約施工者により現在作成されている詳細設計と、最新の RITES 需要予測データを基にした避難計画の内容を確認する必要があるが、上記 (4) で示した通り、利用者予測値の増加による大きな躯体設計寸法の変更は必要ないと考えられる。以下に Esplanade 駅の基本計画図を示す。



出典：GC 作成の基本計画図面を基に JICA 調査団 (Not to Scale)

図 4.4.22 Esplanade 駅地下建築計画図

次に、Esplanade 駅の計画では、大きく 2 つの点に注意した設計が要求されている。

- ① 他の鉄道、バス、トラム路線との接続から、その利用者数が大きいこと
- ② 他の交通モードとの効果的で安全な接続計画

特に上記①に関しては、NFPA-130 基準を満たす設計が求められ、これは上記 (4) にて示した通りである。現在は契約施工業者がその設計と計算を行っている段階であり、最終的な確認は今後 GC に委ねることとなる。

一方、②に関しては①の利用者数とも関連し、Esplanade で他の交通モードとの円滑な接続と安全設計が求められている。このインターモーダル計画は、西ベンガル州交通局 (以下、WBTD) が中心と

なり、駅接続に係る総合計画の準備が進められている。以下の図 4.4.23 に WBTD が RITES に委託し計画している Esplanade 駅総合開発のプランを示す。



図 4.4.23 Esplanade 駅マルチモーダル接続総合計画案

図 4.4.23 の右図に示した通り、南北線・Joka 線および東西線を地下で接続させる提案が RITES の計画案に含まれているが、すべての駅およびバス・トラム利用も含めたピーク時の利用者数予測が揃っていない段階であり、同右図に赤の破線で丸く囲った部分での建築計画については今後の計画と各ステークホルダー間の調整動向を見る必要がある。WBTD によると、同駅総合開発にはいくつかの主体がかかわる実施機関を設立し、それら政府関係機関の開発予算を活用し実施することとなるが、財源についても詳細な確認が必要である。計画自体が 1 年程度でまとめられているものであり、多くのステークホルダー間で今後も調整が必要であると認識されている。

図 4.4.23 における駅連絡施設位置は、南北線 Esplanade 駅では、図 4.4.24 に示す①・②の出入り口通路が既存の連絡位置となる。東西線の接続は東側のアクセスを接続することとなる。

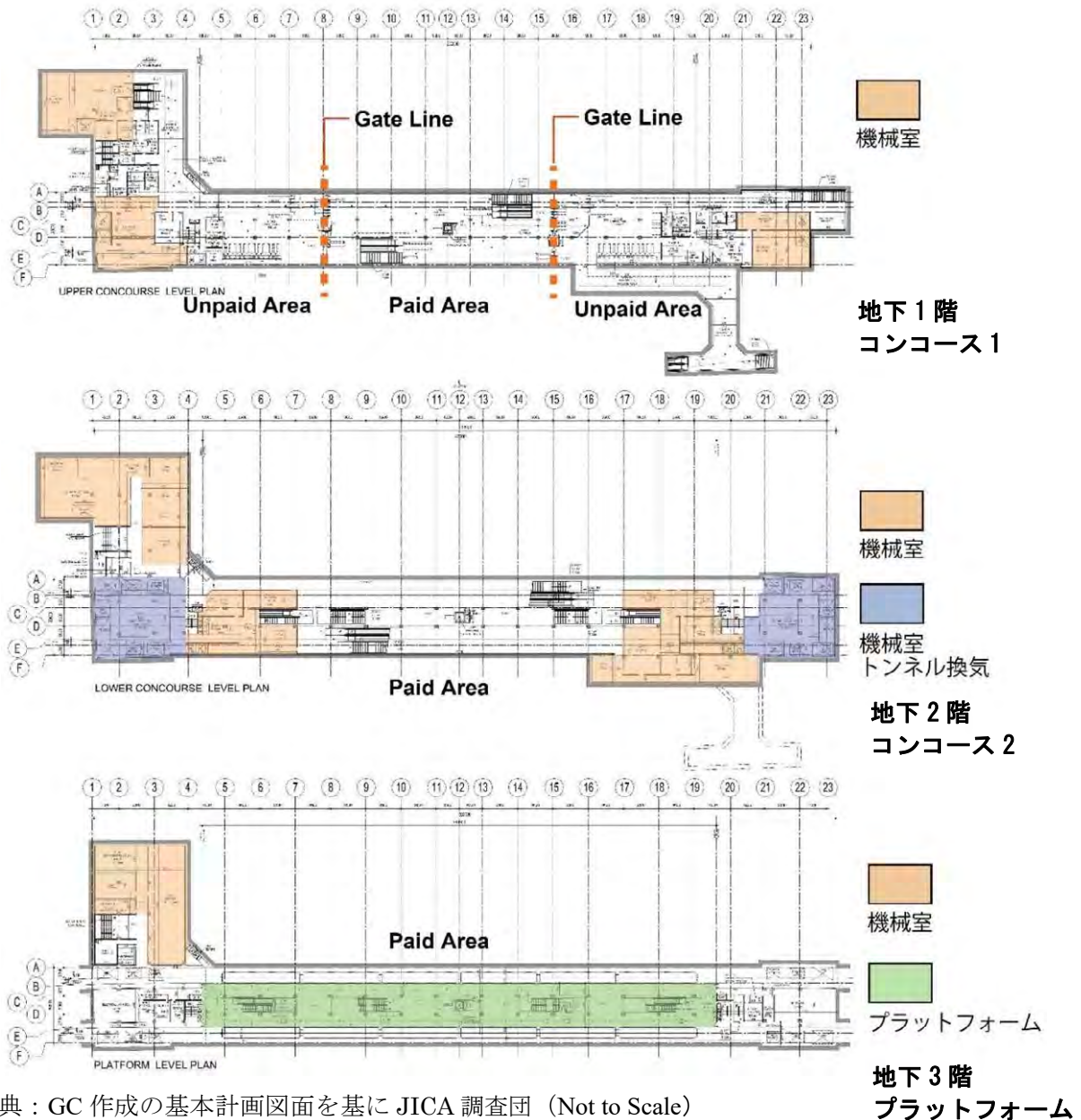


出典：南北線 Esplanade 駅構内案内板図を使い JICA 調査団 (Not to Scale)

図 4.4.24 南北線 Esplanade 駅コンコース階案内図と出口位置

(7) New Mahakaran 駅の計画概要

New Mahakaran 駅の基本設計に関しても同様に GC から入手した入札図書を基に確認し、コストや工期を大きく修正させる要素はないと判断する。契約施工者により現在作成されている詳細設計と、最新の RITES 需要予測データを基にした避難計画の内容を確認する必要があるが、上記 (4) で示した通り、利用者予測値の増加による大きな躯体設計寸法の変更は必要ないと考えられる。以下に New Mahakaran 駅の基本計画を図 4.4.25 に示す。



出典：GC 作成の基本計画図面を基に JICA 調査団 (Not to Scale)

図 4.4.25 New Mahakaran 駅地下建築計画図

(8) 計画実施主体の組織体制

KMRCL の下で設計施工の実質的監理を行っている GC 建築チームには、現在 2 名のインド人建築士しか配置されていない。よって多くの駅舎工場の現場を監理するにあたって、その工事品質を適正に監理しきれぬか疑問である。機械設備、電気設備、信号設備その他多くの技術者が GC には所属するものの、建築担当とインターフェース・コーディネーターが適正な総合監理を行わなければならない。今後新たに New Mahakaran 駅および Esplanade 駅の詳細設計のチェックなども発生する場合、現場監理とのバランス確保も難しくなるといえる。よって、今後の対策として建築分野の技術者を増加することが必要である。

(9) 駅舎建築および設備計画に係る総合的評価

1) 土地収用を伴う計画変更

上記 (3) で記載した通り、本路線計画変更に伴い計画された New Mahakaran 駅および Esplanade 駅の計画及び施工にあたっては、新たな土地収用の必要性は無いことが確認された。よって駅舎整備による土地収用問題で事業の中断は発生しない。

2) 計画における需要の増加とそれに伴う設計変更

今回の路線計画見直しにあたって最大の確認重点項目は、対象 2 駅での需要と利用者予測の変化による設計変更である。当該計画見直しによって南北線・Joka 線との接続とともに、大規模なバス路線が集中しトラムの基地でもある Esplanade でのこれら他の交通モードとの接続によって需要が大きく増えることが予想された。この点を踏まえ、特に事業実施に係る建設費の大幅な増額があるかを、NFPA-130 準拠の是非も踏まえ検証することが重要課題であった。上記 (4) で記載したように、当該確認点は、概略的ではあるが、構造躯体変更が必要となる設計の見直しは発生せず、事業継続は可能であると判断する。

3) 建築・設備計画等の整合性

各セクターが複合的に絡む駅舎建築の設計においては、GC 内にインターフェース・コーディネーターが配置されており、各計画・施工間での連携をモニタリング、調整、指導している。よって、各セクター間での計画の整合性は担保されており、契約に含まれる Employer's Requirements においても、各契約施工者間での調整が義務付けられており、事業実施に影響を与える問題は特に確認されていない。

4) KMRCL・GC による事業管理体制

上記 (8) でも記載した通り、GC 並びに KMRCL の建築・設備を含めた総合的な施工者側の設計図面等のチェック体制や施工監理体制には問題が残っている。今後は多くの駅で各種設備機器の設置も含め仕上げ工事が行われ、同時に新駅の設計検証や調整を行う必要が増加する点で、技術者の増員と強化が必要と考えられる。

現在 GC が監理を行っている 3 つのパッケージ (Elevated、UG-1、UG-2) における駅施設整備を十分に施工監理する為には、少なくともあと 4 名程度の建築技術者が必要であると考えられる。投入の目的は、Elevated パッケージ、UG-1 パッケージ、UG-2 パッケージそれぞれに担当を配置し集中的な監理を行う。更に、最新の設計とそれにかかる図面の照査を行うインハウス技術者を 1 名配置し、集中的な図面のチェックを行う。これにより、現在アサインされた 2 名の建築技術者は KMRCL との技術的な調整や他セクターとのコーディネーションなど上位作業に集中し、また各パッケージ監理を総合的に指揮しやすい環境が確立する。結果的に整備される駅施設の品質や性能も設計仕様を満たすものとなる。表 4.4.29 に今後の事業監理に必要と考えられる GC の建築担当チームの技術者数を取り纏める。

表 4.4.29 今後の事業監理に向けた GC の建築チームの必要技術者数 (案)

| 担当・ポジション | 人数 | 担当パッケージ | 業務概要 |
|----------------------------------|----|---------------------------------------|--|
| Chief Architect (既配置) | 1 | 全パッケージ | GC・KMRCL 内での技術調整とチームの管理、上位問題の為のコーディネーション等を担当 |
| Deputy Chief Architect (既配置) | 1 | 全パッケージ | Chief Architect のサポート、施工業者との調整・指示業務、Architectural Engineer の業務管理等を担当 |
| Architectural Engineer | 3 | 高架パッケージ・ UG-1 パッケージ・ UG-2 パッケージ | 各パッケージに特化した設計・施工の KMRCL 側監理者として、主に現場での監理業務を担当 |
| Assistant Architectural Engineer | 1 | 全パッケージ | 施行者から提出される設計図書 (特に New Mahakaran・Esplanade 駅) の GC 側チェック、GC 内での計画設計調整確認、上位者の業務補助等を担当 |

出典：JICA 調査団

4.4.8 需要の変動への対応状況

需要予測の結果では2035年にピーク時の運行間隔が2.9分となり、それを実現するための必要車両数は144両(24編成)と想定された。また、この条件をもとに各種事業スコープを検証し、現在の計画で問題のないことを検証した。ただし、需要予測は将来人口や交通手段別利用率など、いくつかの条件を前提とした結果であり、それらの前提条件が変化することによって需要は上下に変動する。需要が下振れした場合は、収支は悪くなるが、需要を処理することに問題はない。しかし、需要が上振れした場合には設備を増強したり、施設の拡張が必要になったりする場合が想定される。

ここでは、需要が上振れして、ピーク時の運行間隔が2.5分まで短縮された場合に、各システムが対応可能かどうかを検証した。結果は表4.4.30に示す通りであるが、以下のようにまとめられる。

- ピーク時運行間隔が2.5分まで短縮されると、必要車両数は168両(28編成)となり、2035年時点の必要車両数144両(24編成)と比べて24両(4編成)が余計に必要となる。
- 電気施設は、必要電力量が46.92MVAとなり、受電変電所容量の45MVAを超えることになり、容量の増強が必要となる。
- 信号・通信、駅舎に関しては2.5分間隔の運転を前提に計画がされており問題はない。
- また、現計画の車両基地では2042年(2.6分間隔)、電気スペックでは2038年(2.8分間隔)まで対応可能である。

表 4.4.30 運行間隔 2.5 分に対する技術的対応状況

| 項目 | 技術的対応状況 | |
|------|--|-----------|
| 車両基地 | 運転間隔が2.5分になった場合、それに対応する必要列車数は下表に示すように28編成となる。ただし、車両基地に留置できる列車編成数は、報告書に記載のように27編成であり(4.4.3項)、 <u>1編成分のスペースが不足することになる</u> 。27編成の留置が可能な需要(PHPDT)は49,000人以下である必要があり、需要予測からは2042年頃にその値に達する。また、その際のピーク時運行間隔は2.6分となる。 | |
| | 項目 | 値 |
| | ピーク時運転間隔(分) | 2.5 |
| | ピーク時間帯列車本数(往復) | 24.0 |
| | 列車回帰時間(分) | 61.5 |
| | 所要列車編成数 | 25 |
| | 予備列車編成数 | 3 |
| | 列車編成数合計 | 28 |
| | 所要車両数 | 168 |

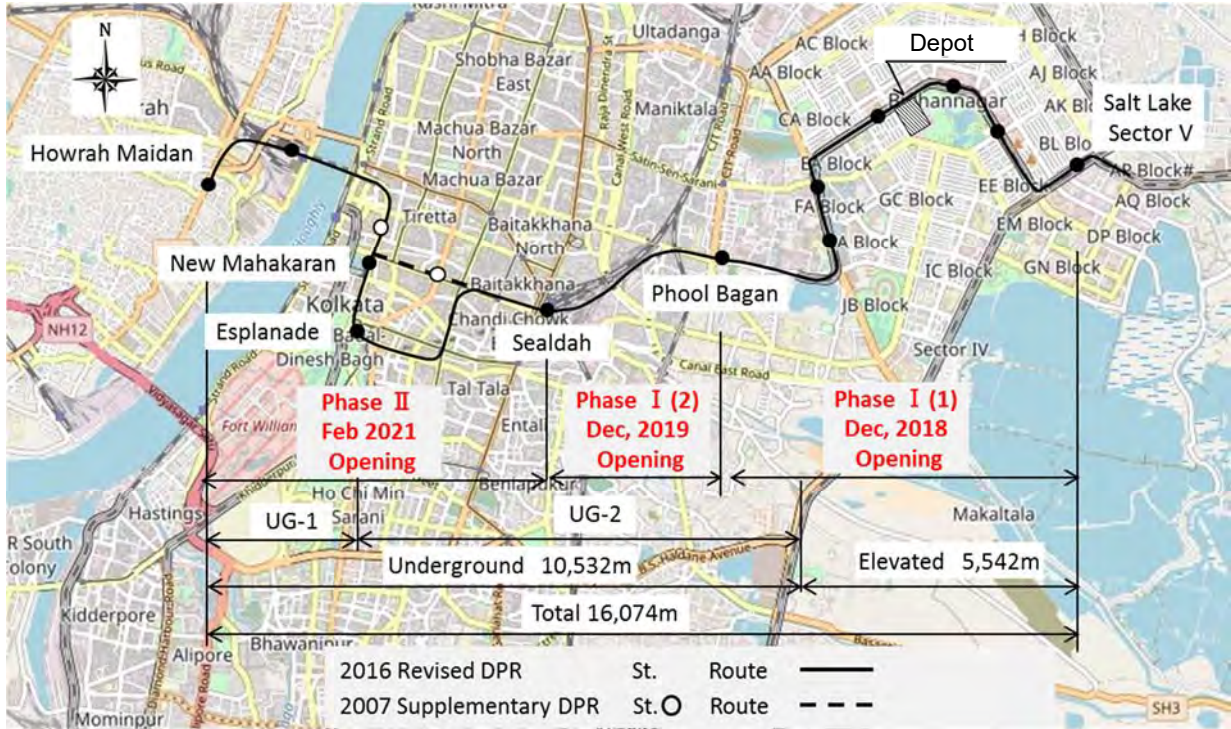
| 電気・機械施設 | <p>運転間隔が 2.5 分になった場合の必要電力量を算定すると、下表に示すように 26.42 + 20.50 = 46.92MVA となる。2ヶ所の受変電所は、それぞれが 45MVA の容量を持つので、たとえ運転間隔が 2.5 分になったとしても一つの変電所が故障するといった特別な場合を除いて、問題ない。</p> <p>【列車負荷】</p> <table border="1" data-bbox="300 376 1342 1055"> <thead> <tr> <th></th> <th>Traction Power Requirements</th> <th>Unit</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Train Formation</td><td>cars</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>Train Tare Weight</td><td>ton</td><td>236</td></tr> <tr><td>3</td><td>Passenger Capacity of Train</td><td>No.</td><td>2,068</td></tr> <tr><td>4</td><td>Passenger Weight</td><td>kg per head</td><td>65</td></tr> <tr><td>5</td><td>Total Train Weight</td><td>ton</td><td>370</td></tr> <tr><td>6</td><td>Operation Length</td><td>km</td><td>15.65</td></tr> <tr><td>7</td><td>Train Cycle Time</td><td>minutes</td><td>51.5</td></tr> <tr><td>8</td><td>Headway</td><td>minutes</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>9</td><td>No.of Trains per Hour in Both Directions</td><td>No.</td><td>25</td></tr> <tr><td>10</td><td>GTKM in Both Directions per Hour</td><td>1000ton・km</td><td>290</td></tr> <tr><td>11</td><td>Specific Energy Consumption</td><td>kWh/1000GTKM</td><td>70</td></tr> <tr><td>12</td><td>Peak Traction Power Requirement</td><td>MW</td><td>20.27</td></tr> <tr><td>13</td><td>Energy Saving ratio by Regenerating Brake</td><td>%</td><td>20</td></tr> <tr><td>14</td><td>Traction Power Requirement considering Regenerating Brake</td><td>MW</td><td>16.21</td></tr> <tr><td>15</td><td>Energy Consumption for Air conditioner per Train</td><td>KW</td><td>320</td></tr> <tr><td>16</td><td>Total power requirement for air conditioner</td><td>MW</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>17</td><td>Power loss</td><td>%</td><td>10</td></tr> <tr><td>18</td><td>Total power requirement for air conditioner with loss</td><td>MW</td><td>8.89</td></tr> <tr><td>19</td><td>Total traction power requirement</td><td>MW</td><td>25.10</td></tr> <tr><td>20</td><td>Power Factor</td><td>%</td><td>95</td></tr> <tr><td>21</td><td>Apparent Power</td><td>MVA</td><td>26.42</td></tr> </tbody> </table> <p>【駅等の負荷】</p> <table border="1" data-bbox="300 1099 1334 1563"> <thead> <tr> <th></th> <th>Station Aux power requirement</th> <th>Unit</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Elevated station - power consumption</td><td>MW/sta.</td><td>0.35</td></tr> <tr><td>2</td><td>No.of elevated stations</td><td>No.</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>Power consumption by elevated stations</td><td>MW</td><td>2.10</td></tr> <tr><td>4</td><td>Underground station - power consumption</td><td>MW/sta.</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>5</td><td>No.of underground stations</td><td>No.</td><td>6</td></tr> <tr><td>6</td><td>Vent Shaft Aux power requirement</td><td>MW</td><td>0.49</td></tr> <tr><td>7</td><td>No.of Vent Shafts</td><td>No.</td><td>3</td></tr> <tr><td>8</td><td>Power consumption by underground section</td><td>MW</td><td>11.96</td></tr> <tr><td>9</td><td>Depot Aux power requirement</td><td>MW</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>10</td><td>Sub Total</td><td>MW</td><td>16.56</td></tr> <tr><td>11</td><td>Power Loss</td><td>%</td><td>5</td></tr> <tr><td>12</td><td>Total Power Requirement with Loss</td><td>MW</td><td>17.43</td></tr> <tr><td>13</td><td>Power Factor</td><td>%</td><td>85</td></tr> <tr><td>14</td><td>Apparent Power</td><td>MVA</td><td>20.50</td></tr> </tbody> </table> | | Traction Power Requirements | Unit | | 1 | Train Formation | cars | 6 | 2 | Train Tare Weight | ton | 236 | 3 | Passenger Capacity of Train | No. | 2,068 | 4 | Passenger Weight | kg per head | 65 | 5 | Total Train Weight | ton | 370 | 6 | Operation Length | km | 15.65 | 7 | Train Cycle Time | minutes | 51.5 | 8 | Headway | minutes | 2.5 | 9 | No.of Trains per Hour in Both Directions | No. | 25 | 10 | GTKM in Both Directions per Hour | 1000ton・km | 290 | 11 | Specific Energy Consumption | kWh/1000GTKM | 70 | 12 | Peak Traction Power Requirement | MW | 20.27 | 13 | Energy Saving ratio by Regenerating Brake | % | 20 | 14 | Traction Power Requirement considering Regenerating Brake | MW | 16.21 | 15 | Energy Consumption for Air conditioner per Train | KW | 320 | 16 | Total power requirement for air conditioner | MW | 8.00 | 17 | Power loss | % | 10 | 18 | Total power requirement for air conditioner with loss | MW | 8.89 | 19 | Total traction power requirement | MW | 25.10 | 20 | Power Factor | % | 95 | 21 | Apparent Power | MVA | 26.42 | | Station Aux power requirement | Unit | | 1 | Elevated station - power consumption | MW/sta. | 0.35 | 2 | No.of elevated stations | No. | 6 | 3 | Power consumption by elevated stations | MW | 2.10 | 4 | Underground station - power consumption | MW/sta. | 1.75 | 5 | No.of underground stations | No. | 6 | 6 | Vent Shaft Aux power requirement | MW | 0.49 | 7 | No.of Vent Shafts | No. | 3 | 8 | Power consumption by underground section | MW | 11.96 | 9 | Depot Aux power requirement | MW | 2.5 | 10 | Sub Total | MW | 16.56 | 11 | Power Loss | % | 5 | 12 | Total Power Requirement with Loss | MW | 17.43 | 13 | Power Factor | % | 85 | 14 | Apparent Power | MVA | 20.50 |
|---------|--|--------------|-----------------------------|------|--|---|-----------------|------|---|---|-------------------|-----|-----|---|-----------------------------|-----|-------|---|------------------|-------------|----|---|--------------------|-----|-----|---|------------------|----|-------|---|------------------|---------|------|---|---------|---------|-----|---|--|-----|----|----|----------------------------------|------------|-----|----|-----------------------------|--------------|----|----|---------------------------------|----|-------|----|---|---|----|----|---|----|-------|----|--|----|-----|----|---|----|------|----|------------|---|----|----|---|----|------|----|----------------------------------|----|-------|----|--------------|---|----|----|-----------------------|------------|--------------|--|-------------------------------|------|--|---|--------------------------------------|---------|------|---|-------------------------|-----|---|---|--|----|------|---|---|---------|------|---|----------------------------|-----|---|---|----------------------------------|----|------|---|-------------------|-----|---|---|--|----|-------|---|-----------------------------|----|-----|----|-----------|----|-------|----|------------|---|---|----|-----------------------------------|----|-------|----|--------------|---|----|----|-----------------------|------------|--------------|
| | Traction Power Requirements | Unit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Train Formation | cars | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Train Tare Weight | ton | 236 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Passenger Capacity of Train | No. | 2,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Passenger Weight | kg per head | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Total Train Weight | ton | 370 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Operation Length | km | 15.65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Train Cycle Time | minutes | 51.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Headway | minutes | 2.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | No.of Trains per Hour in Both Directions | No. | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | GTKM in Both Directions per Hour | 1000ton・km | 290 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Specific Energy Consumption | kWh/1000GTKM | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Peak Traction Power Requirement | MW | 20.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Energy Saving ratio by Regenerating Brake | % | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Traction Power Requirement considering Regenerating Brake | MW | 16.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Energy Consumption for Air conditioner per Train | KW | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Total power requirement for air conditioner | MW | 8.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Power loss | % | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Total power requirement for air conditioner with loss | MW | 8.89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Total traction power requirement | MW | 25.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Power Factor | % | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Apparent Power | MVA | 26.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Station Aux power requirement | Unit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Elevated station - power consumption | MW/sta. | 0.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | No.of elevated stations | No. | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Power consumption by elevated stations | MW | 2.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Underground station - power consumption | MW/sta. | 1.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | No.of underground stations | No. | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Vent Shaft Aux power requirement | MW | 0.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | No.of Vent Shafts | No. | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Power consumption by underground section | MW | 11.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Depot Aux power requirement | MW | 2.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Sub Total | MW | 16.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Power Loss | % | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Total Power Requirement with Loss | MW | 17.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Power Factor | % | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Apparent Power | MVA | 20.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 信号・通信施設 | <p>報告書の 4.4.5 項に記載のように、信号・通信施設はその必要要件として、2.5 分の運転間隔を確実に実現するために、必要な技術的な運転間隔を 2 分としている。したがって、2.5 分の運転間隔は問題がない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 建築・設備等 | <p>報告書の 4.4.7 項に記載のように、駅舎の計画は、その避難設計に当たり 2.5 分間隔を前提としており、さらに運行の遅れ等を見込んで 2 運行分の利用者数を前提とした設計がされている。したがって、2.5 分の運転間隔は問題がない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

出典：JICA 調査団

4.5 事業スケジュールの確認

4.5.1 全体事業工程の整理

全体事業工程は、DPR には記載されていない。そこで KMRCL へのヒアリングを実施し、大部分が高架区間である Salt Lake Sector V 駅から Phool Bagan 駅間のフェーズ 1 の一部区間が 2018 年 12 月に開通、続いて Phool Bagan 駅から Sealdah 駅のフェーズ 1 の残り区間が 2019 年 12 月に開通、最後に Sealdah 駅から Howrah Maidan 駅間のフェーズ 2 が 2021 年の 2 月に開通と、段階的な開通計画であることを確認した。図 4.5.1 に各区間の開通予定時期を示す。



出典：JICA 調査団作成

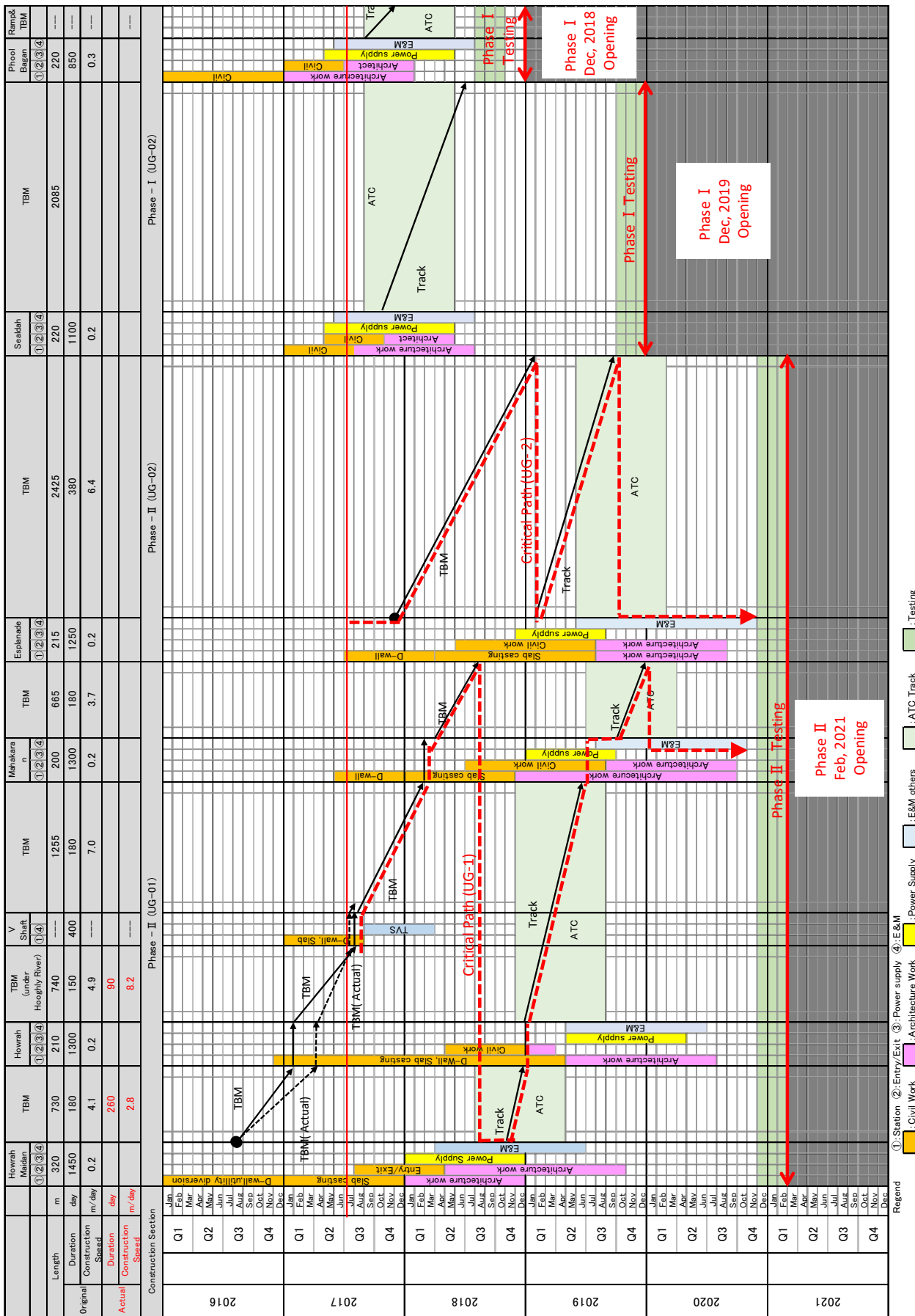
図 4.5.1 各路線区間の開通時期

4.5.2 実施スケジュールの評価

(1)クリティカルパスについて

MPR (Mar.2017 Ver.) に基づき、路線変更区間を含むフェーズ 2 の UG-1、UG-2 工区の工程上のクリティカルパスを確認し、図 4.5.2 に示した。UG-1 工区では、TBM 完了後、軌道工事、駅部後続工事の施工手順となっており、工事そのものは 2020 年 10 月末に完了、その後試運転という計画である。一方、UG-2 工区も UG-1 工区と同時進行で TBM 工事を実施し TBM 完了後、軌道工事、駅部後続工事の施工手順である。工事完了は UG-1 工区より 1 か月遅れて 2020 年 11 月末に完了予定で、その後試運転という計画である。

今回の路線変更に伴い、設計や施工方法の見直し、用地取得や関係機関との協議が新たに必要となったものの、現時点で最大の障害である用地問題が全て解決しており施工も順調に進められている。また、工期短縮を目的として、地下駅舎の構築を待たずに TBM のみ掘り進めるといった対策も実施されている。また上述の通り、UG-1 工区、UG-2 工区のクリティカルパスも明確で、両工区の施工完了時期も同時期であることから、工区割、工程計画も適当といえる。



出典：JICA 調査団

図 4.5.2 事業実施工程表 (地下区間)

| 駅名称 | 項目 | 内容 |
|---------------|----------------------|--|
| New Mahakaran | 駅延長 | 約 200m |
| | 施工予定工期 施工予定速度 | 約 1300 日（後続工事含む） 0.2m/day |
| | 施工状況 (2017.6 末現在) | 工事未着手 |
| | 施工実績評価 | 工事見着手のため実績評価不可能 |
| Esplanade | 駅延長 | 約 215m |
| | 施工予定工期 施工予定速度 | 約 1250 日（後続工事含む） 0.2m/day |
| | 施工状況 (2017.6 末現在) | 準備工進行中 |
| | 施工実績評価 | 準備工段階であるため、実績評価不可能 |
| Sealdah | 駅延長 | 約 220m |
| | 施工予定工期 施工予定速度 | 約 1100 日（後続工事含む） 0.2m/day |
| | 施工状況 (2017.6 末現在) | 土木工事進行中 |
| | 施工実績評価 | 上床掘削：予定工期約 75 日に対して、実工期約 60 日。 上床打設：予定工期約 125 日に対して、実工期約 90 日。 (MPR の PIP 読み取りによる) |
| Phool Bagan | 駅延長 | 約 220m |
| | 施工予定工期 施工予定速度 | 約 850 日（後続工事含む） 0.3m/day |
| | 施工状況 (2017.6 末現在) | 土木工事進行中 |
| | 施工実績評価 | RC 躯体構築一式：予定工期約 390 日に対して、実工期約 300 日。 (MPR の PIP 読み取りによる) |

出典：JICA 調査団

(3) 駅間部（トンネル区間）：UG 1 工区について

TBM 台数は、UG1 工区で 2 台、上り線、下り線、ほぼ並走する形で掘進している。UG1 工区の TBM は、2017.6 末現在、Hooghly River を渡河し、換気シャフト予定箇所を通過したところである。

UG1 工区の TBM 掘進予定速度は、2.8m/日～7.4m/日で全区間ほぼ一定の施工計画であり、これは、各区間共に直上部に河川、近接家屋などのコントロール物件を多く抱えていることに配慮した施工速度と評価できる。一方、施工実績については、Howrah Maidan 駅から Howrah 駅の約 730m 間は TBM が貫通しており、予定工期約 180 日に対して、実工期約 260 日を要している。これは、今回の路線変更の際し、一定期間工事を中断していたことが工期遅延の要因と考えられる。

また、Hooghly River 渡河区間である Howrah 駅から換気シャフトの約 740m 間も TBM が貫通している。予定工期約 150 日に対して、実工期は約 90 日（実工区は KMRCL ヒアリングによる）となっており、掘進速度としては予定速度 5m/日から実績速度 8m/日の実績が得られている。

一方、類似プロジェクトであるチェンナイ地下鉄においても、TBM の平均実績速度は 10m/日であることが、チェンナイ地下鉄 GC (EMBYE)へのヒアリングで確認できた。

したがって、未施工の駅間部の TBM 掘進予定速度についても、既往の施工実績と計画に大きな差異がないため、現計画は妥当なものと考えられる。

(4) 駅間部（トンネル区間）：UG-2 工区について

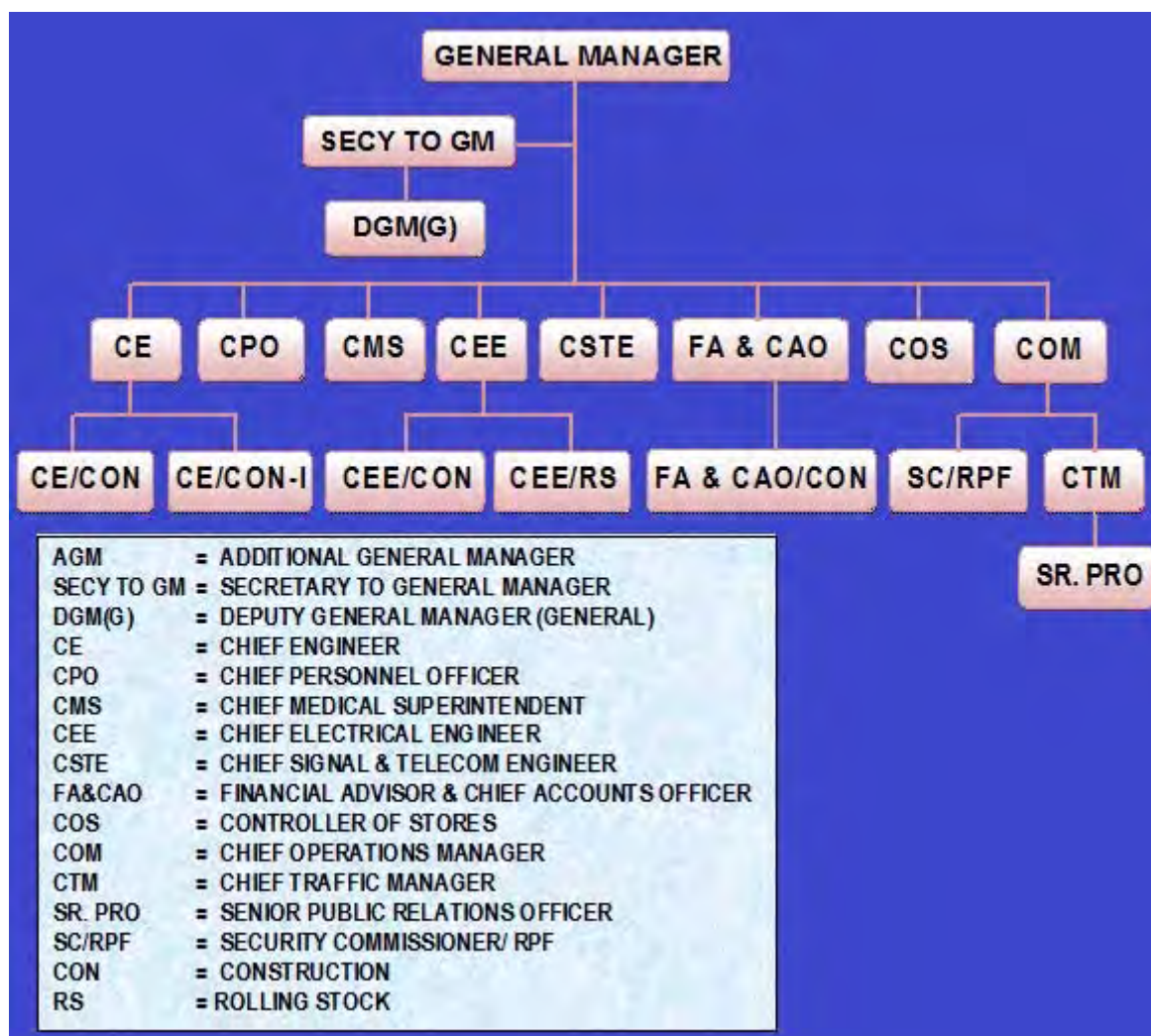
TBM 台数は、UG-2 工区で 2 台、上り線、下り線、ほぼ並走する形で掘進し、Sealdah 駅と Phool Bagan 駅間の約 2085m 間を完了しており、今後 Esplanade 駅から Sealdah 駅に向けて掘進予定である。MPR にある PIP(Project Impremetation Program)には、Sealdah 駅と Phool Bagan 駅間の施工実績が掲載されてい

ないため、詳細は確認できない。しかしながら、この UG-2 工区についても、UG-1 工区と同様の地盤条件、周辺環境条件であることを踏まえると、UG-1 工区と同様の掘進予定速度 5m/day で計画することは妥当である。

4.6 維持・管理計画の確認

4.6.1 組織及び要員体制（必要人数）

前回審査時（2010 年）は KMRCL が運営主体であったが、現在は Metro Railway, Kolkata (MRK) に変更になっている。MRK は 1984 年以来、コルカタ地下鉄南北線（営業キロ：27km）を運営している組織であり、運行の実績は十分にあると言える。2018 年 12 月のフェーズ 1 区間（Phoolbagan～Salt Lake Sector V）の開業後に維持管理を引き継ぐことになっている。図 4.6.1 に MRK の組織体制図を示す。



出典：MRK Website

図 4.6.1 MRK 組織体制図

KMRCL/MRK が想定している要員体制案を表 4.6.1 に示す。インド国では「Railway Board Guidelines」にしたがって維持管理体制が決定されている。運営・維持管理体制については、MOD（2009 年 8 月 17 日）によると営業線延長 1km あたり 47 人が国際標準とされている。その基準によれば、維持管理のために必要な人員は $15.649\text{km} \times 47 \text{人/km} = 736 \text{人}$ となる。現在の計画では表 4.6.1 に示すように 709 人が予定されているが、業務の一部を外注で賄うとともに、電力関係については南北メトロの要員が共通して従事可能なことから、現在の計画で問題はないと判断される。

表 4.6.1 運営・維持管理体制案

| Category | Function | Executive | Supervisor | Front line | Total |
|---|--|--|------------|------------|-------|
| Operations | Train Crew | N/A | 64 | 148 | 212 |
| | Station Staff | | | | |
| | Traffic Management | | | | |
| | Revenue Management | | | | |
| | Planning and Scheduling | | | | |
| Sub-total | | | | | 212 |
| Maintenance | Maintenance Management | N/A | 47 | 87 | 134 |
| | Rolling Stock | | | | |
| | Structures | | | | |
| | Track work | 1 | 9 | 13 | 23 |
| | Power | North-South Metro Staffs take role | | | |
| | Signaling | 1 | 25 | 43 | 69 |
| | Communications | 1 | 9 | 20 | 30 |
| | AFC | 1 | 5 | 8 | 14 |
| | Station Building Services (E&M/S&T, PSD) | 1 | 7 | 9 | 17 |
| | Station Building Services (E&M/Elect) | N/A | 50 | 91 | 141 |
| | Stores Management | 1 | 2 | 0 | 3 |
| Sub-total | | | | | 483 |
| Indirect | Finance/Personnel/Adm | 7 | 6 | 1 | 14 |
| | Training | To be outsourced at appropriate time of operation start. | | | |
| | Public Relations | | | | |
| | Safety | | | | |
| | Security | | | | |
| Sub-total | | | | | 14 |
| Total | | | | | 709 |
| Assumed positive side total 750 staffs. | | | | | |

出典：JICA 調査団

4.6.2 維持・管理計画

(1)維持管理項目

地下鉄の維持管理項目を、表 4.6.2 に示す。特に車両に関する項目は、安全性や機能性に密接に関係するため、表 4.6.3 に示す保守計画の厳格な管理運用が求められる。

表 4.6.2 地下鉄の維持管理項目

| 維持管理項目 | 概要 |
|------------|--|
| 1. 土木構造物関係 | トンネル本体のひび割れ、漏水、コンクリートの中酸化、鉄筋の腐食の有無を確認し、必要に応じて補修する。 |
| 2. 建築・設備関係 | 電灯等の消耗品の交換、防災設備の点検を行い、不具合があるものや使用期限が過ぎたものを交換する。 |
| 3. 軌道・架線関係 | 列車走行に伴うレールや架線の摩耗状況を確認し、必要に応じて交換する。 |
| 4. 車両関係 | 車両設備の点検、車輪の交換、車両内外の洗浄を行う。 |

出典：修正 DPR

表 4.6.3 車両関係の保守計画案

| 検査名 | 周期 | 作業内容 | 所要時間 |
|------------|---------------------|---|-------|
| 日常検査 | 毎日 | 列車の機能確認、内部清掃を行う | 2 時間 |
| A 検査 | 5,000km 又は 15 日 | 主要設備の安全性・機能性確認、総合目視検査、オイル・潤滑油、消耗品等の交換を行う。 | 4 時間 |
| B 検査 | 15,000km 又は 45 日 | A 検査より検査対象設備を広げて、詳細な検査を行う。 | 8 時間 |
| 年次 分解検査 | 400,000km 又は 4 年 | 全ての部品の検査を行う。 | 5 日間 |
| 定期 分解検査 | 800,000km 又は 8 年 | 全ての部品を解体し、検査・修理・交換を行う。 必要に応じて試験運転を行う。 | 24 日間 |
| 外観洗淨 | 3 日 | 自動洗淨機による車両外装の水洗淨 | 10 分 |
| 外観 重洗淨 | 30 日 | 洗淨員による車両前面、連結部、車両内外の洗淨 | 3 時間 |

出典：修正 DPR

修正 DPR 等に記載はないが、土木構造物や設備についても適切な周期で保守点検を行う必要がある。以下に日本国内の事例を示す。

表 4.6.4 その他の施設の保守点検の例

| 検査名 | 周期 | 作業内容 | 所要時間 |
|-----------|------|---|------|
| 土木構造物 | 2 年 | 徒歩による目視と、確認が必要な個所の打音検査を行う | 数日 |
| レール・分岐器検査 | 1 年 | レールの摩耗や機器の動作状況を確認し、必要に応じて交換を行う | 数日 |
| 建築物 | 1 年 | 目視による点検と補修を行う | 数日 |
| 機械設備 | 1 年 | 昇降機等について、機器の点検を行う。防災設備については、6 ヶ月に 1 回程度検査を行う。 | 数日 |
| 電気設備 | 4 ヶ月 | 巡回検査を行う | 数日 |

出典：交通局施設等長期維持管理計画 名古屋市交通局

(2)路線変更による影響と評価

路線変更によって路線延長が 1.590km 長くなるため、土木構造物の点検・補修延長や軌道・架線の交換延長もその分だけ長くなる。

また、車両の保守間隔は走行距離にも関係するため、路線延長が長くなるとコストや必要人員が多くなる可能性がある。しかし、路線延長の増加は 1 割程度であり、車両や保守要員の運用を効率化することで十分に賄える範囲であるため、当初計画から大きな変更は生じないものと評価する。

表 4.6.5 路線変更による列車走行キロへの影響

| 項目 | 路線変更前 | 路線変更後 |
|--------------|--------|-------------------|
| 路線延長 (km) | 14.484 | 16.074 |
| 列車運行回数 (回/日) | 15 | 15 |
| 走行キロ (km) | 15 日 | 3,301 / 5,000 |
| | 45 日 | 9,902 / 15,000 |
| | 4 年 | 321,273 / 400,000 |
| | 8 年 | 642,546 / 800,000 |

出典：JICA 調査団作成

4.6.3 人材開発計画

東西線の運営は、既存の地下鉄南北線の運営管理を受け持つ MRK (Metro Railway Kolkata) が担う予定であり、詳細は未定であるが、教育・訓練などを通じた人材開発は南北線とほぼ同じプログラムで行われるものと考えられる。

MRK の運営管理責任者にヒアリングを行った結果、下表のような訓練プログラムが用意されており、役職に応じた教育を受けることになっている。

表 4.6.6 地下鉄運営の教育訓練内容（南北線の例）

| モジュール No | 内容 | 期間 (時間) |
|----------|--------------------------------|---------|
| FC | Foundation Course | 77 |
| TPT-1/A | Transportation Rules | 222 |
| TPT-1/B | Model Room Training | 76 |
| TPT-1/C | Panel / RRI / SSI. Training | 72 |
| TPT-1/D | Coaching Theory & Practical | 102 |
| TPT-1/E | Goods Theory & Practical | 86 |
| TPT-1/F | Air Brake / Vacuum Brake | 4 |
| TPT-1/G | Customer Care | 4 |
| TPT-1/H | Working in Electrified Section | 6 |
| | Safety Seminar / Film | 4 |
| | Study Tour (4 days) | 24 |
| | Examination (6 days) | 36 |
| | Total | 708 |

出典：MRK からの情報を基に JICA 調査団作成

第5章 事業実施方法の検討

5.1 事業費の算定

5.1.1 算定方法

事業費の推計は以下の3つに分けて行う。

- ① 既存工事予定金額の再評価（未完了工事費に対する物価上昇分の考慮）
- ② 路線変更に伴う地下部分（UG-1及びUG-2）の土木費の増加分
- ③ 需要予測の見直しや路線変更に伴う土木工事費以外の追加工事費

図 5.1.1 に算定手順を示し、以下にその概要を記述する。

1) 既存工事予定金額の再評価

当該プロジェクトはほとんどの工事が入札済み、事業中（一部完了）であるために、通常の単価×工事数量という算定方法ではなく、完了工事費に物価上昇を考慮した未完了工事費を加えることによって既存工事予定金額を再評価する。

2) 地下部分の土木費の増加分

路線変更に伴う地下部分（UG-1及びUG-2）の土木費の増加分。すでに両工区とも新しい線形での契約が更新されているので、その更新金額を採用する。

3) 路線延長の増加等に伴う追加工事費

需要予測の見直しに伴う旅客数の増加及び路線変更に伴う電気・機械設備、信号・通信設備、車両などの追加工事費を算定する。それぞれの工事費単価は既存の DPR を参考に、現時点までの物価上昇を考慮した単価に修正して用いる。

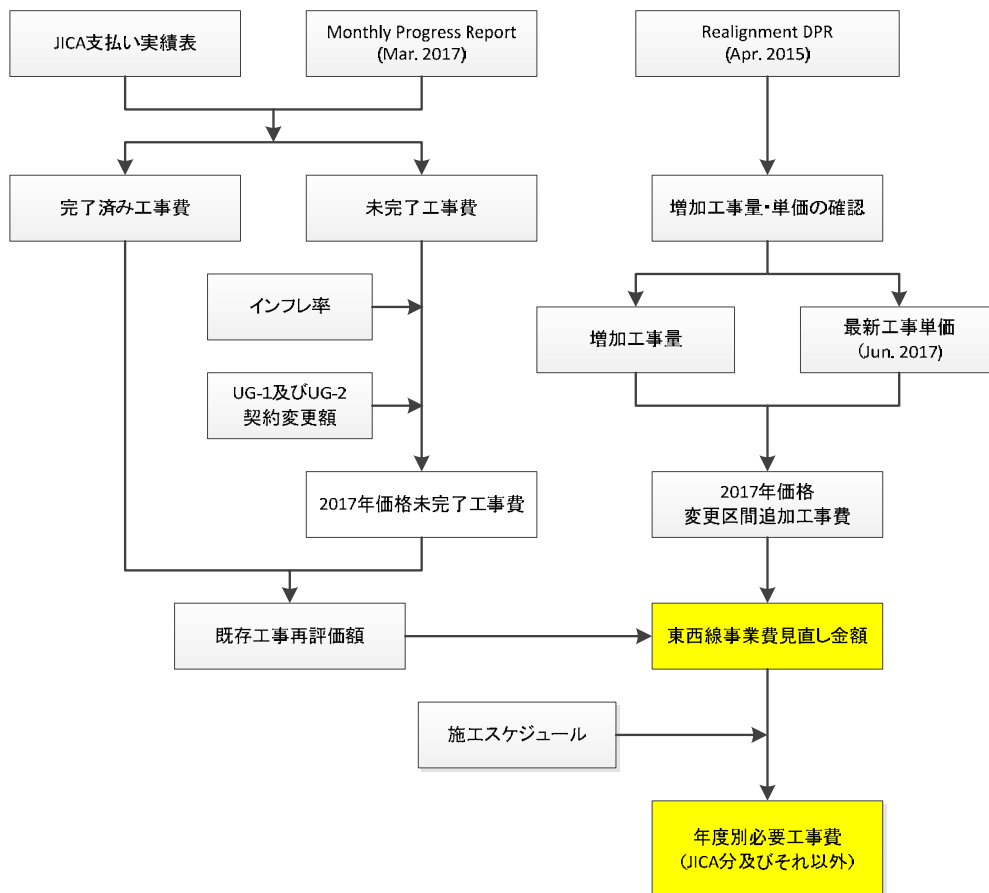


図 5.1.1 事業費推計フロー

また、その他の前提条件としては以下のとおりである。

- ・積算基準年：2017年6月を積算基準年とする。
- ・為替レート：JICAによる2017年度円借款事業審査共通事項（案）に基づき以下の通り設定した。
 - 米ドル／日本円 1 USD = 112 JPY
 - 米ドル／インドルピー 1 USD = 64.4 INR
 - インドルピー／日本円 1 INR = 1.74 JPY
- ・物価上昇率：外貨分に対しては1.7%/年、内貨分に対しては3.92%をそれぞれ適用する。

5.1.2 未完了工事費の再評価

ここでは、既発注工事における未完了工事費の物価上昇分を考慮するとともに、路線変更に伴う地下部分（UG-1及びUG-2）の土木費の増加分を勘案して、既存工事パッケージの工事費の再評価を行う。算定方法は以下の通りである。

- 1) 最新の Financial Progress をもとに、2017年3月末時点の完了済み工事費と未完了工事費を算定する。
- 2) 完了済み工事費は内貨（INR）のみでの集計となっているために、契約時点における外貨（FC）と内貨（LC）の比率をもとに完了済み工事費をFC（日本円）とLC（インドルピー）に分割する。
- 3) 未完了工事費については、契約年月から現時点（2017年6月）までの物価上昇を考慮して現時点での工事費に修正する。
- 4) GC 契約分については、KMRCL からの資料をもとに、契約金額 3,883 百万 INR（Addendum II）（2019年12月まで）、支払い済み金額 2,360 百万 INR（2017年3月まで）とする。

計算結果は表 5.1.1 及び表 5.1.2 に示すとおりである。UG-1 及び UG-2 は路線変更後の契約金額である。現契約工事費の 97,837 百万円のうち完了分は 38,605 百万円と全体の 39.5%が進捗している。未完了工事費分の現在（2017年6月）までの物価上昇を考慮した残工事費は 61,199 百万円（現在の未完了工事費の 3.3%増）となり、現時点での総工事費は 99,935 百万円（現在の契約金額の 2.1%増）と見積もられる。

表 5.1.1 既存工事パッケージの事業費の再評価

（単位：百万）

| | | 円借款分 工事費 | 円借款分 コンサル費用 | インド国負担分 工事費 | 合計 |
|---------------------------------|---------|-------------|----------------|----------------|--------|
| 契約金額 | 外貨(JPY) | 8,529 | 3,435 | 5,296 | 17,260 |
| | 内貨(INR) | 28,753 | 1,908 | 15,647 | 46,308 |
| | 合計(JPY) | 58,560 | 6,756 | 32,521 | 97,837 |
| 完了分 工事費 | 外貨(JPY) | 2,596 | 1,980 | 945 | 5,521 |
| | 内貨(INR) | 11,479 | 744 | 6,750 | 18,973 |
| | 合計(JPY) | 22,508 | 3,407 | 12,690 | 38,605 |
| 未完了 工事費 | 外貨(JPY) | 5,932 | 1,456 | 4,352 | 11,740 |
| | 内貨(INR) | 17,275 | 1,164 | 8,896 | 27,335 |
| | 合計(JPY) | 36,051 | 3,349 | 19,831 | 59,231 |
| 未完了 工事費 2017.06 現在 評価額 | 外貨(JPY) | 6,050 | 1,456 | 4,434 | 11,940 |
| | 内貨(INR) | 18,104 | 1,164 | 9,118 | 28,386 |
| | 合計(JPY) | 37,551 | 3,349 | 20,299 | 61,199 |
| 契約金額 2017.06 現在 評価額 | 外貨(JPY) | 8,647 | 3,435 | 5,378 | 17,461 |
| | 内貨(INR) | 29,583 | 1,908 | 15,868 | 47,359 |
| | 合計(JPY) | 60,059 | 6,888 | 32,988 | 99,935 |

出典：JICA 調査団

表 5.1.2 既存工事パッケージにおける完了工事費と未完了工事費（詳細）（税抜）

JICA Funded Contracts

| Contract | Awarded or Estimated Value (in million) | | | | | | Financial Progress (in million) (up to 31.03.17) | | | | | | Balance (in million) | | | Balance with Price Escalation (in million) (As of Mar. 2017 Price) | | | | | | Updated Contract Value (in million) | | | | | |
|-------------------------------|--|----------|-------------|----------|----------|-------------|---|------|----------|------|-------------|----------|-------------------------|-------------|----------|---|----------|-------|-------------|----------|----------|-------------------------------------|----------|----------|-------------|--|--|
| | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | FC (JPY) | | LC (INR) | | Total (JPY) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | FC (JPY) | | LC (INR) | | Total (JPY) | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | | |
| JICA Loan | | | | | | | | % | | % | | | | | | % | | % | | | | | | | | | |
| ① UG-1Tunnel & 3 C&C Stations | 318 | 10,932 | 11,250 | 554 | 10,932 | 19,575 | 174 | 30.9 | 4,071 | 36.1 | 7,293 | 380 | 6,861 | 12,282 | 389 | 69.1 | 7,221 | 63.9 | 12,954 | 323 | 11,293 | 11,616 | 562 | 11,293 | 20,247 | | |
| ② UG-2Tunnel & 3 C&C Stations | 860 | 11,938 | 12,798 | 1,496 | 11,938 | 22,269 | 1,041 | 69.0 | 6,529 | 53.3 | 12,400 | 456 | 5,409 | 9,868 | 467 | 31.0 | 5,731 | 46.7 | 10,439 | 867 | 12,259 | 13,126 | 1,508 | 12,259 | 22,839 | | |
| ③ ATC, S&T & LVS | 960 | 1,764 | 2,724 | 1,670 | 1,764 | 4,739 | 400 | 23.5 | 245 | 13.2 | 799 | 1,270 | 1,519 | 3,940 | 1,302 | 76.5 | 1,609 | 86.8 | 4,102 | 979 | 1,854 | 2,833 | 1,703 | 1,854 | 4,901 | | |
| ④ Rolling Stock | 2,764 | 1,629 | 4,392 | 4,809 | 1,629 | 7,642 | 982 | 20.1 | 614 | 36.8 | 1,983 | 3,827 | 1,015 | 5,660 | 3,892 | 79.9 | 1,054 | 63.2 | 5,727 | 2,801 | 1,668 | 4,469 | 4,874 | 1,668 | 7,709 | | |
| ⑤ AFC | 0 | 311 | 311 | 0 | 311 | 541 | 0 | 0.0 | 20 | 6.1 | 34 | 0 | 291 | 508 | 0 | 0.0 | 308 | 93.9 | 536 | 0 | 328 | 328 | 0 | 328 | 570 | | |
| ⑥ UG ECS | 0 | 1,080 | 1,080 | 0 | 1,080 | 1,879 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 1,080 | 1,879 | 0 | 0.0 | 1,080 | 100.0 | 1,879 | 0 | 1,080 | 1,080 | 0 | 1,080 | 1,879 | | |
| ⑦ UG TVS | 0 | 1,100 | 1,100 | 0 | 1,100 | 1,914 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 1,100 | 1,914 | 0 | 0.0 | 1,100 | 100.0 | 1,914 | 0 | 1,100 | 1,100 | 0 | 1,100 | 1,914 | | |
| Sub-Total | 4,902 | 28,753 | 33,655 | 8,529 | 28,753 | 58,560 | 2,596 | 30.0 | 11,479 | 38.8 | 22,508 | 5,932 | 17,275 | 36,051 | 6,050 | 70.0 | 18,104 | 61.2 | 37,551 | 4,969 | 29,583 | 34,552 | 8,647 | 29,583 | 60,059 | | |

| Contract | Awarded or Estimated Value (in million) | | | | | | Financial Progress (in million) (up to 31.03.17) | | | | | | Balance (in million) | | | Balance with Price Escalation (in million) (As of Mar. 2017 Price) | | | | | | Updated Contract Value (in million) | | | | | |
|-----------|--|----------|-------------|----------|----------|-------------|---|------|----------|------|-------------|----------|-------------------------|-------------|----------|---|----------|------|-------------|----------|----------|-------------------------------------|----------|----------|-------------|-------|-------|
| | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | FC (JPY) | | LC (INR) | | Total (JPY) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | FC (JPY) | | LC (INR) | | Total (JPY) | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | | |
| JICA Loan | | | | | | | | % | | % | | | | | | % | | % | | | | | | | | | |
| ① GC | 1,974 | 1,908 | 3,883 | 3,435 | 1,908 | 6,756 | 1,980 | 57.6 | 744 | 39.0 | 3,407 | 1,456 | 1,164 | 3,349 | 1,456 | 42.4 | 1,164 | 61.0 | 3,481 | | | | | | 3,435 | 1,908 | 6,888 |

Non-JICA Funded Contracts

| Contract | Awarded or Estimated Value (in million) | | | | | | Financial Progress (in million) (up to 31.03.17) | | | | | | Balance (in million) | | | Balance with Price Escalation (in million) (As of Jun. 2017 Price) | | | | | | Updated Contract Value (in million) | | | | | |
|---|--|----------|-------------|----------|----------|-------------|---|------|----------|-------|-------------|----------|-------------------------|-------------|----------|---|----------|-------|-------------|----------|----------|-------------------------------------|----------|----------|-------------|--|--|
| | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | FC (INR) | % | LC (INR) | % | Total (INR) | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (INR) | | LC (INR) | | Total (INR) | FC (INR) | LC (INR) | Total (INR) | FC (JPY) | LC (INR) | Total (JPY) | | |
| 1 EWE1Elevated Viaduct | 0 | 2,351 | 2,351 | 0 | 2,351 | 4,091 | 0 | 0.0 | 2,351 | 100.0 | 2,351 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 2,351 | 2,351 | 0 | 2,351 | 4,091 | | |
| 2 EWS1Elevated Stations | 0 | 884 | 884 | 0 | 884 | 1,538 | 0 | 0.0 | 884 | 100.0 | 884 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 884 | 884 | 0 | 884 | 1,538 | | |
| 3 EWS2 Elevated Stations | 0 | 668 | 668 | 0 | 668 | 1,162 | 0 | 0.0 | 668 | 100.0 | 668 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 668 | 668 | 0 | 668 | 1,162 | | |
| 4 Power Supply | 818 | 1,084 | 1,903 | 1,424 | 1,084 | 3,311 | 243 | 29.2 | 390 | 34.7 | 634 | 575 | 694 | 1,269 | 590 | 70.8 | 735 | 65.3 | 1,325 | 833 | 1,126 | 1,959 | 1,450 | 1,126 | 3,408 | | |
| 5 Depot (D/B) | 0 | 1,458 | 1,458 | 0 | 1,458 | 2,537 | 0 | 0.0 | 1,118 | 75.6 | 1,118 | 0 | 340 | 340 | 0 | 0.0 | 360 | 24.4 | 360 | 0 | 1,478 | 1,478 | 0 | 1,478 | 2,572 | | |
| 6 Track Work | 0 | 1,515 | 1,515 | 0 | 1,515 | 2,637 | 0 | 0.0 | 412 | 26.0 | 412 | 0 | 1,104 | 1,104 | 0 | 0.0 | 1,169 | 74.0 | 1,169 | 0 | 1,581 | 1,581 | 0 | 1,581 | 2,751 | | |
| 7 EWS AFEM- 6 Elev. Stations ABWF and Sanitary | 0 | 900 | 900 | 0 | 900 | 1,565 | 0 | 0.0 | 270 | 29.3 | 270 | 0 | 629 | 629 | 0 | 0.0 | 652 | 70.7 | 652 | 0 | 922 | 922 | 0 | 922 | 1,605 | | |
| 8 UG/EL PSD (12 Stations) | 0 | 667 | 667 | 0 | 667 | 1,161 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 667 | 667 | 0 | 0.0 | 667 | 100.0 | 667 | 0 | 667 | 667 | 0 | 667 | 1,161 | | |
| 9 Depot Special Machines | 0 | 850 | 850 | 0 | 850 | 1,479 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 850 | 850 | 0 | 0.0 | 864 | 100.0 | 864 | 0 | 864 | 864 | 0 | 864 | 1,503 | | |
| 10 ISA | 27 | 0 | 27 | 47 | 0 | 47 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 27 | 0 | 27 | 27 | 100.0 | 0 | 0.0 | 27 | 27 | 0 | 27 | 47 | 0 | 47 | | |
| 11 UG/EL L&E | 0 | 1,531 | 1,531 | 0 | 1,531 | 2,665 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 1,531 | 1,531 | 0 | 0.0 | 1,531 | 100.0 | 1,531 | 0 | 1,531 | 1,531 | 0 | 1,531 | 2,665 | | |
| 12 EWSR- (R)- 6Elev. Stations Roof | 0 | 213 | 213 | 0 | 213 | 371 | 0 | 0.0 | 158 | 73.1 | 158 | 0 | 55 | 55 | 0 | 0.0 | 58 | 26.9 | 58 | 0 | 217 | 217 | 0 | 217 | 371 | | |
| 13 EWE-2(R1) Elevated Viaduct | 0 | 311 | 311 | 0 | 311 | 541 | 0 | 0.0 | 164 | 50.6 | 164 | 0 | 147 | 147 | 0 | 0.0 | 160 | 49.4 | 160 | 0 | 324 | 324 | 0 | 324 | 564 | | |
| 14 UG E&M (2 Stations) | 0 | 1,810 | 1,810 | 0 | 1,810 | 3,149 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 1,810 | 1,810 | 0 | 0.0 | 1,810 | 100.0 | 1,810 | 0 | 1,810 | 1,810 | 0 | 1,810 | 3,149 | | |
| 15 Viaduct Noise Barrier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 16 EWDRB (P) | 0 | 73 | 73 | 0 | 73 | 128 | 0 | 0.0 | 65 | 87.5 | 65 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0.0 | 9 | 12.5 | 9 | 0 | 74 | 74 | 0 | 74 | 129 | | |
| 17 Stn. Bldng. Design | 0 | 35 | 35 | 0 | 35 | 61 | 0 | 0.0 | 27 | 76.5 | 27 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0.0 | 8 | 23.5 | 8 | 0 | 35 | 35 | 0 | 35 | 61 | | |
| 18 Rolling Stock | 2,198 | 1,295 | 3,493 | 3,825 | 1,295 | 6,078 | 301 | 13.5 | 245 | 18.3 | 546 | 1,897 | 1,050 | 2,947 | 1,929 | 86.5 | 1,091 | 81.7 | 3,020 | 2,230 | 1,336 | 3,567 | 3,881 | 1,336 | 6,206 | | |
| Sub-Total | 3,044 | 15,647 | 18,690 | 5,296 | 15,647 | 32,521 | 545 | 17.6 | 6,752 | 42.5 | 7,296 | 2,499 | 8,895 | 11,394 | 2,546 | 82.4 | 9,116 | 57.5 | 11,662 | 3,091 | 15,868 | 18,959 | 5,378 | 15,868 | 32,988 | | |

出典：JICA 調査団

5.1.3 路線変更及び需要予測の見直しに伴う追加工事費

(1)追加工事費

今回の路線変更によって路線延長が追加となるとともに、需要予測の見直しによって必要車両数が明らかとなった。現在の計画からの地下区間増加距離（1.590km）及び将来の必要車両数を用いて、以下のように算定する。

1)軌道費、電気・機械設備費、信号・通信設備費

増加距離に各種工事費の km 当たり単価を乗じて追加工事費を算定する。Km 当たり単価は路線変更 DPR（2015 年 4 月）を参考にするが、この単価は 2014 年 12 月時点での単価であるため、物価上昇を考慮して現時点（2017 年 6 月）での単価に修正する。

2)車両購入費

開業時（2021 年）における必要車両数と現在の購入予定台数（84 台）を比較し、その増加台数に車両単価を乗じて増加費用を算定する。需要予測の見直しにより、コルカタメトロ東西線の運行に必要となる車両数は 2025 年に 114 台、2035 年に 144 台と推計されている（4.3 節参照）。すなわち、10 年間で必要車両数が 30 台増加する（3 台/年）ことを考えると、開業時（2021 年）には少なくとも 102 台（114 台－3 台/年×4 年）の車両が必要と考えられる。したがって、現契約からの増加台数は 18 台（3 編成）となる。

3)その他

その他の費用としては換気塔新設費、工事中の交通管理費用、ユーティリティ施設の移設費、及び建物構造補償費を考慮する。これらについては、路線変更 DPR を参考に、物価上昇を参考に現時点（2017 年 6 月）での工事費に修正する。

計算結果は表 5.1.3 に示すとおりである。建物構造補償費を除いた工事費は 3,761 百万 INR（6,544 百万円）となり、既存工事パッケージ工事費（表 5.1.1）の 7.6%に相当する。

(2)コンサルティング・サービス費

事業開始からのコンサルティング・サービス費用は表 5.1.1 に示したように 6,756 百万円（税抜き）となっており、これは間接費を除く総事業費の 6.8%、直接工事費の 7.3%となる。したがって、今回の路線変更及び需要予測の見直しに伴う追加工事に対するコンサルティング・サービス費用は、直接工事費の 3,761 百万 INR（6,544 百万円）の 7.5%として 282 百万 INR（491 百万円）程度となる。

表 5.1.3 路線変更後の追加工事費

| No. | Item | Unit | June.2017 Price level | | | JICA Portion (In Crores) | Non-JICA Portion (In Crores) |
|-----|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | | Qty. | Rate Without Taxes (In Crores) | Amount (In Crores) | | |
| 1 | Alignment and Formation | | | | | | |
| 1.1 | Underground Alignment | | | | | | |
| | By TBM | R.Km | 0 | 156.01 | 0.00 | | |
| | Sub Total (1) | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | Station Buildings | | | | | | |
| 2.1 | Underground stations by NATM(180m) | Each | 0 | | | | |
| | Sub Total(2) | | | | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | P-Way | | | | | | |
| 3.1 | Ballastless track for underground | R.Km | 1.608 | 8.16 | 13.11 | | |
| | Sub Total(3) | | | | 13.11 | 0.00 | 13.11 |
| 4 | Traffic Management | LS | 0 | 1.69 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | Utility diversion | R.Km | 0 | 4.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | Traction & power supply incl. Power Rails,ASS etc. | | | | | | |
| 6.1 | Underground section | R.Km | 1.608 | 15.53 | 24.97 | | |
| 6.2 | Ventilation Shaft | Each | 1 | 7.91 | 7.91 | | |
| 6.3 | Additional estimated cost of E&M system for one station i.e. Esplanade in place of Central Station | Underground Station | 1.00 | 4.28 | 4.28 | | |
| | Sub Total(6) | | | | 37.16 | 0.00 | 37.16 |
| 7 | Signalling and Telecommunication | | | | | | |
| 7.1 | Signalling & Telecommunication | R.Km | 1.608 | 22.56 | 36.28 | 36.28 | 0.00 |
| 7.2 | Automatic fare collection | Each Station | 0 | | | | |
| 7.3 | ON board equipment | Rake | 6 | 4.63 | 27.78 | | |
| | Sub Total(7) | | | | 64.05 | 64.05 | 0.00 |
| 8 | Land including structure and R&R cost | sqm | | | | | |
| 8.1 | Govt. Land | sqm | 3308 | 0 | 0 | | |
| 8.2 | Private Land | sqm | 0 | 0.0032 | 0 | | |
| 8.3 | Cost on account of environmental management plan and R&R | | 0.00 | | 0 | | |
| 8.4 | Cost on account of buildings, structures, Hutments etc. | sqm | 2445 | 0.0012 | 2.93 | | |
| | Sub Total(8) | | | | 2.93 | 0.00 | 2.93 |
| 9 | Cost on account of compensation claimed by the owners of buildings over the metro alignment considered at very high risk as per building condition survey | | | | | | |
| 9.1 | Assessed quantity of buildings at very high risk (total area) | sqm | 55136 | 0.0012 | 66.16 | | |
| | Sub Total (9) | | | | 66.16 | 0.00 | 66.16 |
| 10 | Rolling Stock | | | | | | |
| | One Rake of 6 Coaches | | 3 | 65.20 | 195.60 | | |
| | Sub Total (10) | | | | 195.60 | 117.36 | 78.24 |
| 11 | Total of all items except land | | | | 376.09 | 181.42 | 194.67 |

注：車両については便宜的に60%を円借款対象としているが、実施の借款対象の割合は今後（第四期）の審査にて協議する。

出典：JICA 調査団

5.1.4 年度別必要事業費の算定

これまでの直接工事費をもとに間接費等を含む全体事業費を算定するとともに、完了までの年度別必要資金を推計する。事業実施スケジュールについては、4.5節で示したように、工事は2020年11月に終了し、4ヶ月間のテスト運行を経て2021年3月に全区間の運行を開始するものとする。その他の主な前提条件は以下のとおりである。

- 契約パッケージ別の事業スケジュールは最新のMPRを参考に設定する（表5.1.4参照）。
- 予備費：建設費に対しては10%、コンサルティング・サービスに対しては5%を設定する。
- 諸税：VAT10.3%、輸入税13.0%を見込む。
- 管理費：5.0%
- 会計年度：4月～3月
- 建中金利は0.245%を10年間計上する。
- フロント・エンド・フィーは借款対象金額の0.2%を計上する。

表 5.1.4 プロジェクト実施スケジュール

| | 2017 | | | | 2018 | | | | 2019 | | | | 2020 | | | | 2021 | | | | Remarks |
|--|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|----------|
| | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 1st | 2nd | 3rd | 4th | |
| Test Running (Phoolbagan - Salt Lake Sector V) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Test Running(Howrah Maiden - Phoolbagan) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consulting Services | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Land Acquisition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Finished |
| Underground - 1 (UG-1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Underground - 2 (UG-2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Signaling and Telecommunication | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rolling Stock | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Automatic Fare Collection System | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Station Environment Control System | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tunnel Ventilation System | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EWE 1 Elevated Viaduct | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Finished |
| EWS 1 Elevated Station | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Finished |
| EWS 2 Elevated Station | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Finished |
| Power Supply | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depot | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Track Work | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EWS AFEM - 6Elev.Stations ABWF and Sanitary | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UG / EL PSD (12 Stations) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Depot Special Machines | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ISA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elevator and Escaloter | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EWSR- (R) - 6 Elev. Stations Roof | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EWE - 2 (R1) E levated Viaduct | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UG E&M (2 Stations) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EWDRB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stn. Bldng Design | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

出典：JICA 調査団

表 5.1.5 年度別支払い見込み額の算定

| Breakdown of Cost | Re-evaluation Costs | | | Additional Costs | | | Total | | |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------|
| | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total | JICA Portion | Non-JICA Portion | Total |
| Fiscal Year | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) | (Mil. Yen) |
| 2008-2016 | 25,915 | 25,690 | 51,605 | 0 | 0 | 0 | 25,915 | 25,690 | 51,605 |
| 2017 | 14,663 | 14,102 | 28,765 | 0 | 0 | 0 | 14,663 | 14,102 | 28,765 |
| 2018 | 15,174 | 10,474 | 25,648 | 0 | 0 | 0 | 15,174 | 10,474 | 25,648 |
| 2019 | 10,899 | 7,422 | 18,321 | 2,907 | 2,826 | 5,803 | 13,867 | 10,248 | 24,124 |
| 2020 | 6,092 | 2,975 | 9,067 | 3,060 | 1,333 | 4,393 | 9,152 | 4,308 | 13,460 |
| Total | 72,743 | 60,663 | 133,406 | 6,037 | 4,159 | 10,196 | 78,780 | 64,822 | 143,602 |

出典：JICA 調査団

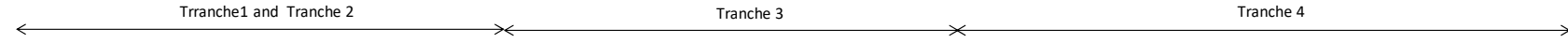
表 5.1.6 に線形変更後の UG-1、UG-2 の土木工事費の修正を反映した年度別必要資金、表 5.1.7 に線形変更に伴う増額費用（UG-1、UG-2 以外）の年度別必要資金を示す。

表 5.1.6 年度別支払い見込み額の算定（再評価工事費）

Annual Fund Requirement

Base Year for Cost Estimation: Jun, 2017
 Exchange Rates: INR = JPY 1.74
 Price Escalation: FC: 1.7% LC: 3.92%
 Physical Contingency: 10%
 Physical Contingency for Consultant: 5%

FC & Total: million JPY
 LC : million INR



| Item | Total | | | FY2008-2016 (Actual Amount Disbursed) | | | 2017 | | | 2018 | | | 2019 | | | 2020 | | |
|--|--------|--------|---------|---------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| | FC | LC | Total | FC | LC | Total | FC | LC | Total | FC | LC | Total | FC | LC | Total | FC | LC | Total |
| A. ELIGIBLE PORTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I) Procurement / Construction | 9,359 | 32,307 | 65,513 | 2,597 | 11,479 | 22,508 | 2,499 | 6,466 | 13,749 | 2,541 | 6,719 | 14,233 | 1,400 | 4,902 | 9,929 | 323 | 2,741 | 5,093 |
| Underground - 1 (UG-1) | 562 | 11,293 | 20,247 | 174 | 4,071 | 7,293 | 137 | 2,580 | 4,626 | 137 | 2,580 | 4,626 | 80 | 1,451 | 2,604 | 35 | 611 | 1,098 |
| Underground - 2 (UG-2) | 1,508 | 12,259 | 22,839 | 1,041 | 6,529 | 12,400 | 143 | 1,686 | 3,075 | 143 | 1,686 | 3,075 | 97 | 1,318 | 2,390 | 85 | 1,042 | 1,898 |
| Signaling and Telecommunication | 1,703 | 1,854 | 4,901 | 400 | 245 | 799 | 381 | 471 | 1,201 | 381 | 471 | 1,201 | 381 | 471 | 1,201 | 159 | 196 | 500 |
| Rolling Stock | 4,876 | 1,668 | 7,710 | 982 | 614 | 1,983 | 1,611 | 436 | 2,370 | 1,611 | 436 | 2,370 | 671 | 182 | 988 | 0 | 0 | 0 |
| Automatic Fare Collection System | 0 | 328 | 570 | 0 | 20 | 34 | 0 | 82 | 143 | 0 | 82 | 143 | 0 | 82 | 143 | 0 | 62 | 107 |
| Station Environment Control System | 0 | 1,080 | 1,879 | 0 | 0 | 0 | 0 | 301 | 524 | 0 | 301 | 524 | 0 | 301 | 524 | 0 | 176 | 306 |
| Tunnel Ventilation System | 0 | 1,914 | 1,914 | 0 | 0 | 0 | 0 | 322 | 560 | 0 | 322 | 560 | 0 | 322 | 560 | 0 | 134 | 233 |
| Base cost for JICA financing | 8,649 | 29,582 | 60,061 | 2,597 | 11,479 | 22,508 | 2,272 | 5,878 | 12,499 | 2,272 | 5,878 | 12,499 | 1,230 | 4,127 | 8,410 | 279 | 2,221 | 4,143 |
| Price escalation | 95 | 832 | 1,543 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 230 | 440 | 42 | 330 | 616 | 14 | 272 | 487 |
| Physical contingency | 615 | 1,894 | 3,909 | 0 | 0 | 0 | 227 | 588 | 1,250 | 231 | 611 | 1,294 | 127 | 446 | 903 | 29 | 249 | 463 |
| II) Consulting services(GC) | 3,547 | 2,040 | 7,229 | 1,980 | 744 | 3,407 | 306 | 914 | 389 | 318 | 941 | 395 | 330 | 969 | 402 | 343 | 999 | |
| Base cost | 3,435 | 1,908 | 6,888 | 1,980 | 744 | 3,407 | 364 | 291 | 870 | 364 | 291 | 870 | 364 | 291 | 870 | 364 | 291 | 870 |
| Price escalation | 38 | 70 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 11 | 26 | 12 | 23 | 53 | 19 | 36 | 81 |
| Physical contingency | 75 | 62 | 182 | 0 | 0 | 0 | 18 | 15 | 44 | 19 | 15 | 45 | 19 | 16 | 46 | 19 | 16 | 48 |
| Total (I + II) | 12,906 | 34,348 | 72,742 | 4,577 | 12,223 | 25,915 | 2,881 | 6,771 | 14,663 | 2,930 | 7,037 | 15,174 | 1,795 | 5,232 | 10,899 | 725 | 3,084 | 6,092 |
| B. NON ELIGIBLE PORTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a Procurement / Construction | 5,836 | 17,109 | 35,606 | 947 | 6,725 | 12,649 | 1,874 | 4,515 | 9,730 | 1,906 | 2,783 | 6,748 | 1,017 | 2,195 | 4,837 | 91 | 891 | 1,642 |
| Rolling Stock | 3,878 | 1,337 | 6,205 | 524 | 245 | 951 | 1,388 | 452 | 2,174 | 1,388 | 452 | 2,174 | 578 | 188 | 906 | 0 | 0 | 0 |
| EWE 1 Elevated Viaduct | 0 | 2,351 | 4,091 | 0 | 2,351 | 4,091 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EWS 1 Elevated Station | 0 | 884 | 1,538 | 0 | 884 | 1,538 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EWS 2 Elevated Station | 0 | 668 | 1,162 | 0 | 668 | 1,162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Power Supply | 1,450 | 1,126 | 3,408 | 423 | 390 | 1,103 | 316 | 226 | 709 | 316 | 226 | 709 | 316 | 226 | 709 | 79 | 57 | 177 |
| Depot | 0 | 1,478 | 2,572 | 0 | 1,118 | 1,945 | 0 | 360 | 627 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Track Work | 0 | 1,581 | 2,751 | 0 | 412 | 716 | 0 | 425 | 740 | 0 | 425 | 740 | 0 | 319 | 555 | 0 | 0 | 0 |
| EWS AFEM - 6Elev.Stations ABWF and Sanitary | 0 | 922 | 1,605 | 0 | 270 | 470 | 0 | 559 | 972 | 0 | 93 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UG / EL PSD (12 Stations) | 0 | 667 | 1,161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 | 317 | 0 | 182 | 317 | 0 | 182 | 317 | 0 | 121 | 211 |
| Depot Special Machines | 0 | 864 | 1,503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 740 | 1,288 | 0 | 123 | 215 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Elevator and Escaloter | 0 | 1,531 | 2,665 | 0 | 0 | 0 | 0 | 427 | 744 | 0 | 427 | 744 | 0 | 427 | 744 | 0 | 249 | 434 |
| EWSR- (R) - 6 Elev. Stations Roof | 0 | 217 | 377 | 0 | 158 | 275 | 0 | 58 | 102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EWE - 2 (R1) Elevated Viaduct | 0 | 324 | 564 | 0 | 164 | 285 | 0 | 160 | 279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UG E&M (2 Stations) | 0 | 1,810 | 3,149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505 | 879 | 0 | 505 | 879 | 0 | 505 | 879 | 0 | 295 | 513 |
| EWDRB | 0 | 74 | 129 | 0 | 65 | 113 | 0 | 9 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Base cost for Non-JICA financing | 5,328 | 15,834 | 32,879 | 947 | 6,725 | 12,649 | 1,704 | 4,105 | 8,846 | 1,704 | 2,434 | 5,939 | 894 | 1,848 | 4,109 | 79 | 722 | 1,335 |
| Price escalation | 64 | 331 | 640 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 95 | 195 | 31 | 148 | 288 | 4 | 88 | 158 |
| Physical contingency | 444 | 944 | 2,087 | 0 | 0 | 0 | 170 | 410 | 885 | 173 | 253 | 613 | 92 | 200 | 440 | 8 | 81 | 149 |
| b Consulting services | 50 | 222 | 436 | 0 | 213 | 371 | 50 | 9 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Consulting Service DDC | 0 | 187 | 325 | 0 | 187 | 325 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ISA | 47 | 0 | 47 | 0 | 0 | 0 | 47 | 0 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stn. Bldng Design | 0 | 35 | 61 | 0 | 27 | 46 | 0 | 8 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Price escalation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Physical contingency | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c Land Acquisition | 0 | 3,179 | 5,531 | 0 | 3,179 | 5,531 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Base cost | 0 | 3,179 | 5,531 | 0 | 3,179 | 5,531 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Price escalation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Physical contingency | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| d Administration cost | 0 | 3,285 | 5,716 | 0 | 1,278 | 2,223 | 0 | 703 | 1,223 | 0 | 630 | 1,096 | 0 | 452 | 787 | 0 | 222 | 387 |
| e VAT | 0 | 5,323 | 9,262 | 0 | 1,974 | 3,434 | 0 | 1,163 | 2,024 | 0 | 1,011 | 1,760 | 0 | 765 | 1,331 | 0 | 409 | 712 |
| f Import Tax | 0 | 1,135 | 1,975 | 0 | 265 | 461 | 0 | 327 | 568 | 0 | 332 | 578 | 0 | 181 | 314 | 0 | 31 | 54 |
| Total (a+b+c+d+e+f) | 5,886 | 30,253 | 58,526 | 947 | 13,633 | 24,669 | 1,924 | 6,717 | 13,611 | 1,906 | 4,756 | 10,182 | 1,017 | 3,593 | 7,269 | 91 | 1,554 | 2,795 |
| TOTAL (A+B) | 18,792 | 64,601 | 131,268 | 5,524 | 25,856 | 50,584 | 4,805 | 13,488 | 28,274 | 4,836 | 11,793 | 25,356 | 2,812 | 8,825 | 18,168 | 816 | 4,638 | 8,886 |
| C. Interest during Construction | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interest during Construction(Const.) | 1,936 | 0 | 1,936 | 908 | 0 | 908 | 436 | 0 | 436 | 293 | 0 | 293 | 119 | 0 | 119 | 180 | 0 | 180 |
| Interest during Construction (Consul.) | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D. Commitment Charge (Tranche 1,2 Loan Amount) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 116 | 0 | 116 | 112 | 0 | 112 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E. Front End Fee (0.2 % of Tranche 3,4 Loan Amount) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 86 | 0 | 86 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 52 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| GRAND TOTAL (A+B+C+D+E) | 20,930 | 64,601 | 133,406 | 6,544 | 25,856 | 51,605 | 5,296 | 13,488 | 28,765 | 5,128 | 11,793 | 25,648 | 2,965 | 8,825 | 18,321 | 996 | 4,638 | 9,067 |
| F. JICA finance portion (A) | 12,906 | 34,348 | 72,742 | 4,577 | 12,223 | 25,915 | 2,881 | 6,771 | 14,663 | 2,930 | 7,037 | 15,174 | 1,795 | 5,232 | 10,899 | 725 | 3,084 | 6,092 |

Administration Cost = 5.0%
 VAT = 10.3% of the expenditure in local currency of the eligible portion
 Import Tax = 13.0%

表 5.1.7 年度別支払い見込み額の算定 (追加工事費)

| Item | Total | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | | 2020 | | |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | FC | LC | FC | LC | FC | LC | FC | LC | FC | LC | FC | LC | |
| | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | Total | |
| A. ELIGIBLE PORTION | | | | | | | | | | | | | |
| 1) Procurement / Construction | 2,900 | 1,481 | 5,478 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,438 | 726 | 2,702 | 1,462 | 755 |
| Signaling and Telecommunication | 387 | 418 | 1,114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 193 | 209 | 557 | 193 | 209 |
| Rolling Stock | 2,141 | 726 | 3,403 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,070 | 363 | 1,702 | 1,070 | 363 |
| Tunnel Ventilation System | 0 | 79 | 138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 69 | 0 | 40 |
| Base cost for JICA financing | 2,527 | 1,223 | 4,656 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,264 | 612 | 2,238 | 1,264 | 612 |
| Price escalation | 109 | 124 | 324 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 49 | 128 | 66 | 75 |
| Physical contingency | 264 | 135 | 498 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 66 | 246 | 133 | 69 |
| 2) Consulting services | 207 | 203 | 559 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 | 99 | 275 | 104 | 103 |
| Base cost | 189 | 175 | 494 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 88 | 247 | 94 | 88 |
| Price escalation | 8 | 18 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 15 | 5 | 11 |
| Physical contingency | 10 | 10 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 13 | 5 | 5 |
| Total (1+2) | 3,107 | 1,684 | 6,037 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,540 | 826 | 2,977 | 1,566 | 858 |
| B. NON ELIGIBLE PORTION | | | | | | | | | | | | | |
| a Procurement / Construction | 212 | 631 | 1,310 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 309 | 643 | 107 | 322 |
| Power Supply | 185 | 144 | 434 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 72 | 217 | 92 | 72 |
| Track Work | 0 | 131 | 228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 | 114 | 0 | 66 |
| UG E&M (Esplanade) | 0 | 43 | 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 37 | 0 | 21 |
| Design Charge | 0 | 203 | 354 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 | 177 | 0 | 102 |
| Base cost for Non JICA financing | 185 | 521 | 1,091 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 260 | 545 | 92 | 260 |
| Price escalation | 8 | 53 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 21 | 39 | 5 | 32 |
| Physical contingency | 19 | 57 | 119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 28 | 58 | 10 | 29 |
| b Land Acquisition | 0 | 850 | 1,479 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 850 | 1,479 | 0 | 0 |
| Base cost | 0 | 716 | 1,245 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 716 | 1,245 | 0 | 0 |
| Price escalation | 0 | 57 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 100 | 0 | 0 |
| Physical contingency | 0 | 77 | 134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 134 | 0 | 0 |
| c Administration cost | 0 | 254 | 441 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 255 | 0 | 107 |
| d VAT | 0 | 238 | 415 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 | 203 | 0 | 122 |
| e Import Tax | 0 | 232 | 405 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 115 | 201 | 0 | 117 |
| Total (a+b+c+d+e) | 212 | 2,206 | 4,049 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 1,538 | 2,782 | 107 | 667 |
| TOTAL (A+B) | 3,319 | 3,890 | 10,086 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,645 | 2,364 | 5,759 | 1,673 | 1,526 |
| C. Interest during Construction | 98 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 32 | 66 | 0 |
| Interest during Construction(Const) | 98 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 32 | 66 | 0 |
| Interest during Construction (Consul.) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D. Front End Fee | 12 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| GRAND TOTAL (A+B+C+D) | 3,429 | 3,890 | 10,197 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,690 | 2,364 | 5,803 | 1,739 | 1,526 |
| E. JICA finance portion (A) | 3,107 | 1,684 | 6,037 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,540 | 826 | 2,977 | 1,566 | 858 |

Base Year for Cost Estimation: Jun, 2017
 Exchange Rates: INR = JPY 1.74 FC & Total: million JPY
 Price Escalation: FC: 1.7% LC: 3.9% LC : million INR
 Physical Contingency: 10%
 Physical Contingency for Consultant: 5%

Administration Cost = 5.0%
 VAT = 10.3% of the expenditure in local currency of the eligible portion
 Import Tax = 13.0%

(参考) DPRの事業費積算結果の妥当性評価

インド国内においては、多くの地下鉄事業が円借款によって整備されている。過去10年間に実施された円借款事業の事業費と路線延長（地下及び高架）（表 5.1.8 参照）を用いて回帰分析を行った。その結果は以下の通りであり、図 5.1.3 図 5.1.2 に示すように、コルカタ地下鉄東西線の積算事業費（2016年1月のDPR）は他の事例と比較して妥当であると判断できる。

$$y = 6,240x_1 + 10,080x_2$$

ここで、 y ：総事業費（百万円）
 x_1 ：高架区間延長（km）
 x_2 ：地下区間延長（km）

表 5.1.8 インド国におけるメトロ事業費比較（円借款対象事業）

| 案件名 | 借款契約日 | 総事業費 (百万円) | 延長 (km) | | |
|---------------|------------|---------------|---------|------|------|
| | | | 高架区間 | 地下区間 | 合計 |
| コルカタ地下鉄東西線 | | 156,500 | 5.7 | 10.8 | 16.5 |
| アーメダバード（第一期） | 2016/3/4 | 246,219 | 31.6 | 6.3 | 37.9 |
| チェンナイ地下鉄（第四期） | 2016/3/4 | 331,358 | 21.0 | 24.0 | 45.0 |
| ムンバイメトロ3号線 | 2013/9/17 | 346,659 | 0.0 | 33.5 | 33.5 |
| チェンナイ地下鉄（第三期） | 2013/3/28 | 276,985 | 18.4 | 25.2 | 43.6 |
| バンガロールメトロ（Ⅱ） | 2011/6/16 | 306,809 | 33.3 | 9.0 | 42.3 |
| チェンナイ | 2008/11/21 | 392,087 | 20.0 | 23.4 | 43.4 |

出典：JICA ホームページをもとに JICA 調査団作成

注：コルカタ地下鉄東西線の事業費は2016年1月のDPRを参考に設定

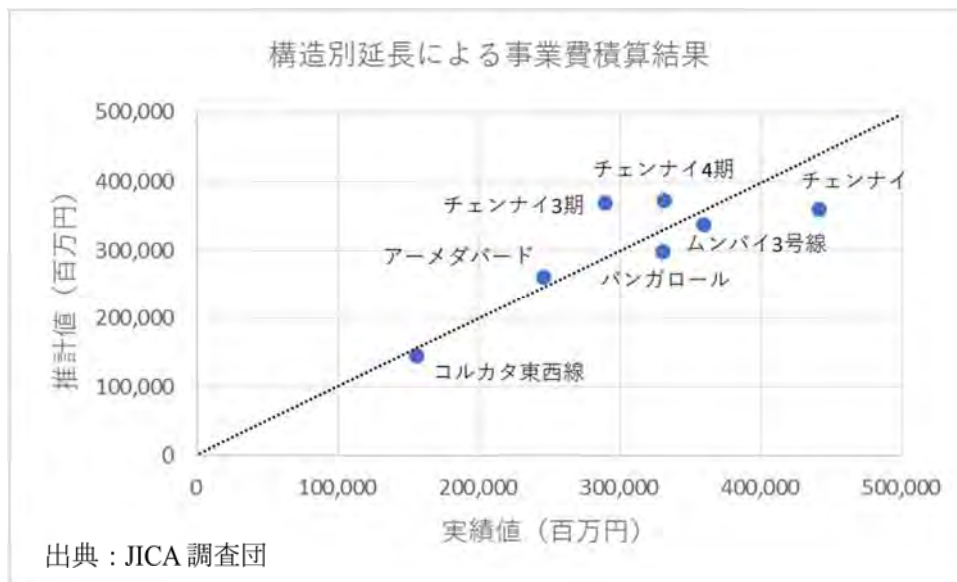
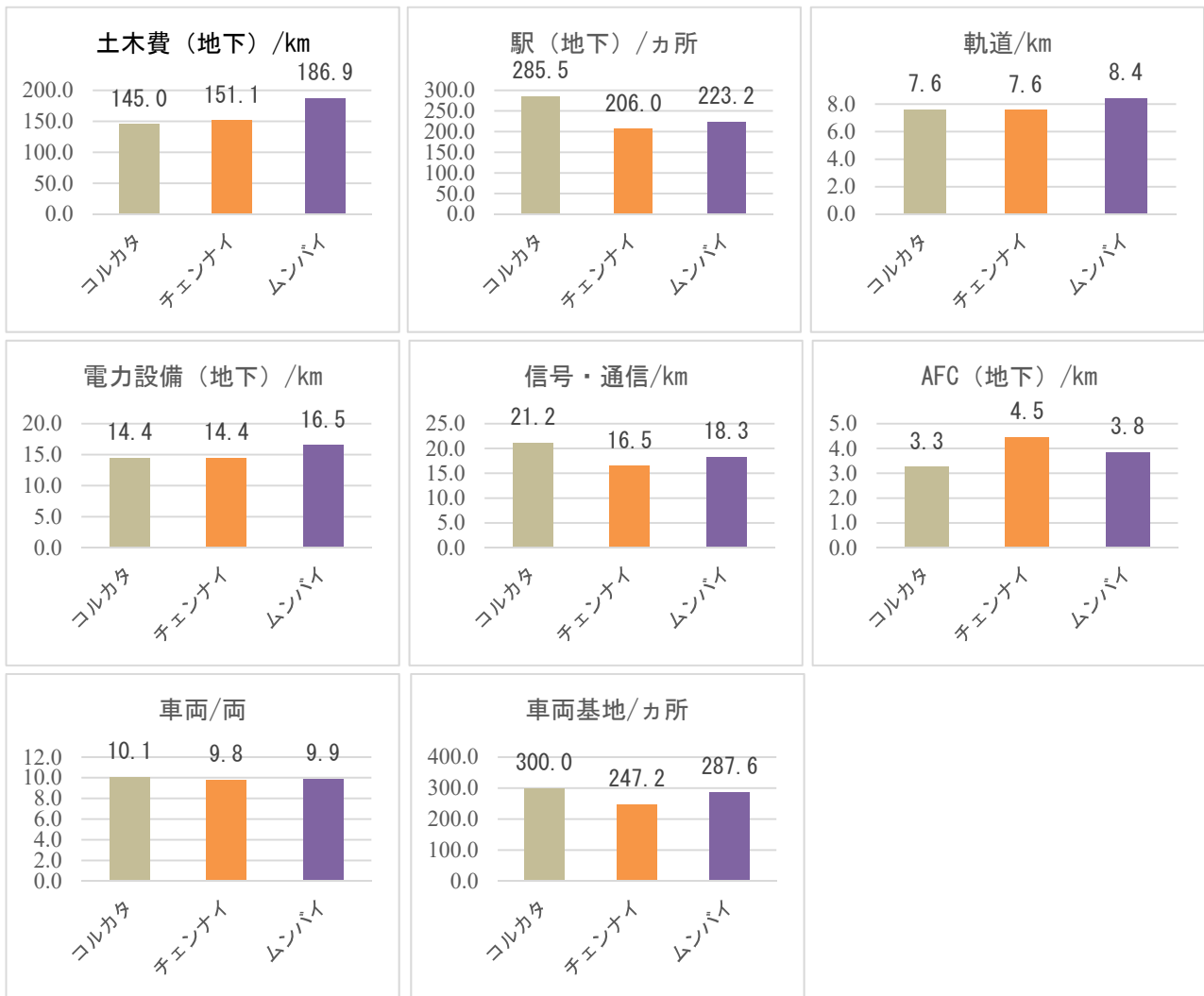


図 5.1.2 構造別延長による回帰分析結果（事業費積算結果と実績値の比較）

また、図 5.1.3 は工種別事業費単価をコルカタメトロ東西線、チェンナイメトロ、ムンバイメトロ 3 号線の 3 路線で比較したものである。使用したデータは各メトロの DPR であり、作成された時点からの物価上昇を見込んで、すべての単価をコルカタメトロ東西線と同じ 2015 年 12 月時点に修正している。

この図からは、地下土木費（TBM）、AFC の単価は低いものの、地下駅、信号・通信設備、車両基地等の単価は高いことがわかる。ただし、各単価に何が入っているかが不明であり、詳細な分析は困難である。



出典：各メトロの DPR をもとに JICA 調査団作成

図 5.1.3 工種別事業費単価の比較 (千万 INR)

以上の分析より、工種別の単価の妥当性検証は困難であるが、構造別の路線延長を基本とした総事業費の比較では、本事業の工事費はほぼ平均的なものであり、工事費として妥当であると言える。

表 5.1.9 他都市との事業規模及び事業費単価比較

| 費目 | | 単位 | コルカタ東西 (Dec 2015) | チェンナイ (Sep 2007) | ムンバイ 3号線 (Sep 2011) | 備考 |
|----|----|------|----------------------|---------------------|------------------------|----|
| 延長 | 地下 | Km | 5.740 | 9.695 | 34.0 | |
| | 高架 | Km | 10.808 | 12.266 | 0.0 | |
| | 合計 | Km | 16.548 | 21.961 | 34.0 | |
| 駅数 | 地下 | Sta. | 6 | 9 | 27 | |
| | 高架 | Sta. | 6 | 9 | 0 | |
| | 合計 | Sta. | 12 | 18 | 27 | |

(単位 : Crs.)

| 費目 | | 単位 | コルカタ東西 (Dec 2015) | チェンナイ (Sep 2007) | ムンバイ 3号線 (Sep 2011) | 備考 |
|-------|----|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|
| 土木費 | 地下 | Km | 145.00 | 110.0 | 158.74 | TBM |
| | 高架 | Km | 55.45 | 22.0 | - | |
| 駅 | 地下 | Each | 285.50 (200m) | 150.0 (240m) | 189.51 (300m) | Cut & Cover |
| | 高架 | Each | 41.0 (Type A) 59.0 (Type C) | 12.0 (Type A) 15.0 (Type C) | - | |
| 車両基地 | | Each | 300.0 | 180.0 | 244.2 | |
| 軌道 | | Km | 7.58 | 5.50 | 7.13 | Ballastless |
| 電力 | 地下 | Km | 14.43 | 10.5 | 14.01 | |
| | 高架 | Km | 14.43 | 6.0 | - | |
| 信号・通信 | | Km | 21.15 | 12.0 | 15.5 | |
| AFC | 地下 | Each | 3.25 | 3.25 | 3.26 | |
| | 高架 | Each | 2.5 | 2.5 | - | |
| 車両 | | Each | 10.10 | 7.14 | 8.4 | |

出典：各 DPR

5.2 コンサルティング・サービスの確認

5.2.1 コンサルティング費用の実績

オリジナルの契約では、本事業のコンサルティング・サービス（GC）は2009年2月から2015年3月までであった（全線の開業は2014年10月を想定していた）。しかし、事業の遅延により追加契約が行われ、これまで2回のアデンダムが締結されている（表 5.2.1）。

表 5.2.1 コンサルティング・サービス契約の経緯

| | 契約年月 | 契約金額 (百万 INR) | うち外貨 (百万 INR) | うち内貨 (百万 INR) | FC Ratio |
|------------|---------|------------------|------------------|------------------|----------|
| Original | 2009/02 | 1,941.4 | 1,218.4 | 723.0 | 0.628 |
| Addendum 1 | 2015/06 | 523.8 | 214.9 | 308.9 | 0.410 |
| Addendum 2 | 2016/04 | 1,417.5 | 541.0 | 876.5 | 0.382 |
| Total | | 3,882.7 | 1,974.3 | 1,908.4 | 0.508 |

出典：KMRCL

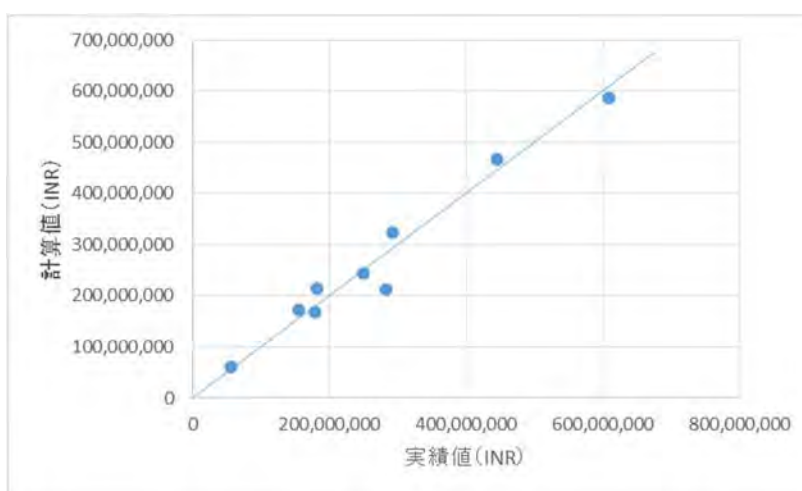
また、表 5.2.2、図 5.2.1 は年度毎の M/M と費用の推移を示したものであるが、M/M と費用とは明らかに相関が見られる。

表 5.2.2 コンサルティング・サービスの M/M と費用

| FY | Man-Month | | Expenditure (INR) | | Taxes |
|------|---------------|---------|-------------------|-------------|------------|
| | International | Local | Total | JICA | |
| 2009 | 287.790 | 644.440 | 608,362,602 | 608,362,602 | 50,276,969 |
| 2010 | 178.500 | 763.710 | 443,904,012 | 443,904,012 | 31,505,395 |
| 2011 | 109.990 | 605.490 | 291,546,656 | 291,546,656 | 37,768,060 |
| 2012 | 76.460 | 495.020 | 249,974,660 | 249,974,660 | 21,755,371 |
| 2013 | 53.120 | 504.990 | 182,379,741 | 182,379,741 | 25,146,465 |
| 2014 | 32.830 | 462.740 | 155,360,538 | 113,846,561 | 13,616,920 |
| 2015 | 22.533 | 496.400 | 178,695,226 | 53,479,287 | 15,990,016 |
| 2016 | 41.594 | 559.920 | 282,367,831 | 113,846,561 | 18,912,925 |
| 2017 | 11.715 | 187.040 | 55,708,743 | 53,479,287 | 3,537,561 |

出典：KMRCL

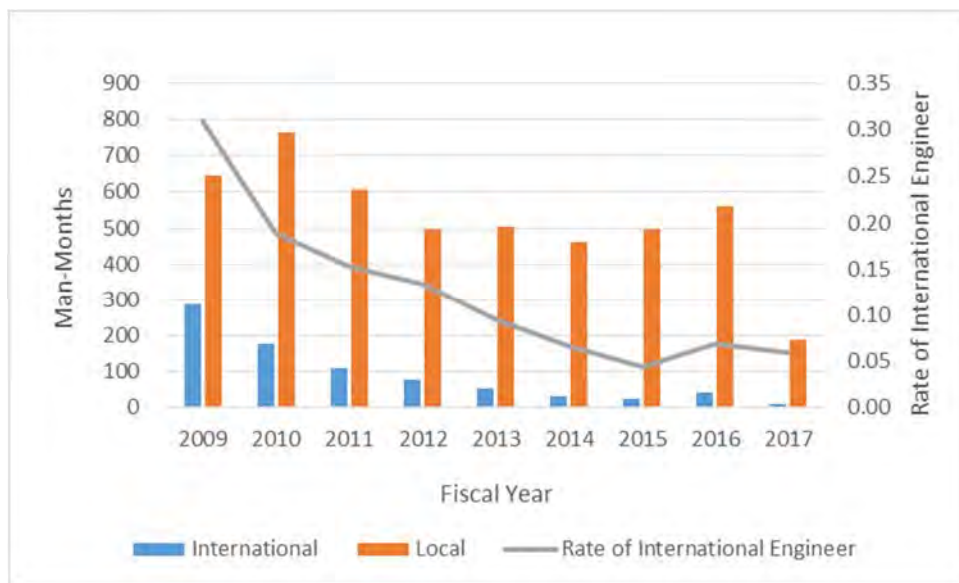
コンサルティング費用（百万 INR）
 = 外国人技術者 M/M × 1.415
 + インド人技術者 M/M × 0.294
 - 10.281



出典：JICA 調査団

図 5.2.1 コンサルティング費用と技術者 M/M の関係

図 5.2.2 は年度別の外国人技術者比率の推移を示したものであるが、詳細設計ステージでは全体の30%程度が外国人技術者で占められていたが、入札ステージ、施工監理ステージに移行するにつれてその比率は減少し、この4年間では6%程度で推移している。



出典：KMRCL

図 5.2.2 年度別 GC 技術者 M/M と外国人技術者比率の推移

5.2.2 追加 M/M の検討

5.1.3 章において、今回の追加工事に伴うコンサルティング・サービス費用は 282 百万 INR 程度と想定された。外国人技術者の M/M 比率を表 5.2.2 で示したように 6%程度として、図 5.2.1 で示した相関式に当てはめると、追加 M/M は下表に示すように外国人技術者 45M/M、インド人技術者 710M/M 程度が基本となろう。

表 5.2.3 GC 必要人月と費用の関係

| Engineer Man-Months of GC (M/M) | | | Estimated GC Cost (Mil. INR) |
|---------------------------------|-------|-----------|------------------------------|
| Foreign | India | Total M/M | |
| 42.0 | 658.0 | 700 | 263.2 |
| 42.6 | 667.4 | 710 | 266.8 |
| 43.2 | 676.8 | 720 | 270.5 |
| 43.8 | 686.2 | 730 | 274.1 |
| 44.4 | 695.6 | 740 | 277.7 |
| 45.0 | 705.0 | 750 | 281.3 |
| 45.6 | 714.4 | 760 | 284.9 |
| 46.2 | 723.8 | 770 | 288.5 |
| 46.8 | 733.2 | 780 | 292.1 |
| 47.4 | 742.6 | 790 | 295.7 |
| 48.0 | 752.0 | 800 | 299.4 |

出典：JICA 調査団

5.2.3 コンサルティング・サービスの内容

本プロジェクトにおけるコンサルティング・サービスの業務内容をオリジナルの TOR から整理すると以下のとおりである。これらの内容はこれまで2回の契約変更にも関わらず変更されていない。

- 1) これまでの調査報告書、概略設計、収集資料等の見直し及び補足修正
- 2) 設計、施工、調達（土木建築工事、鉄道施設・設備、車両基地、車両等）等の発注用基本設計図書、入札図書の作成
- 3) 入札評価、業者選定等におけるKMRCL（顧客）の支援
- 4) 詳細設計図書の照査
- 5) 施工監理
- 6) 全システムの試験、コミッショニング
- 7) 各種マニュアル（施工、運転、維持管理等）の作成
- 8) システム運営（運転、維持管理等）に係るKMRCL職員の教育訓練
- 9) ターミナル駅におけるシームレスな乗り換えシステムの検討、提案
- 10) 事業実施における自然・社会環境配慮管理
- 11) 必要な土地収用、住民移転等に係るKMRCLに対する支援
- 12) 事業実施期間中の建設労務者に対するHIV/AIDS対策プログラムの作成及びモニタリング、管理におけるKMRCLの支援
- 13) バリアフリーの概念を事業に取り込むための検討、設計

5.3 経済財務分析

5.3.1 収入・支出計画

(1)料金制度（料金体系、徴収体制等）

1)料金体系

コルカタ地下鉄東西線の料金体系は以下の表のように設定されている。開業後の料金改定は定期的には計画されておらず、改定する場合は鉄道省から許可を得ることになる。

表 5.3.1 コルカタ地下鉄東西線料金表（予定）

| 乗車区間 | Fare (Rs.) |
|------------|------------|
| 1-3 駅目まで | 10 |
| 4-6 駅目まで | 15 |
| 7-9 駅目まで | 20 |
| 10-12 駅目まで | 25 |

出典：KMRCL

2)料金徴収システム

料金徴収システムは、自動料金徴収システム（Automatic Fare Collection System：AFC System）が採用される。おおむね既存の南北線のものと同様のシステム（トークンおよびスマートカード）となる予定であるが、有人のチケット販売窓口に加え、自動チケット販売機が導入される（現在はシステム設計の段階となっている）。また、トークンおよびスマートカードは南北線および Joka 線と共通のものが採用され、他路線に乗り継ぐ際も各駅で終着駅までのトークンを購入することができるようになる予定である。

【トークン】

一回の乗車ごとに料金を支払う場合は、旅客は各駅の窓口にて行先までのトークンを購入する。トークンは降車駅の自動改札にて回収される。

【スマートカード】

スマートカードは定額をデポジットしておくことが出来、毎回窓口でトークンを購入する必要がない。チャージは各駅の窓口で行うことが出来る。

3)コルカタ地下鉄南北線および他交通機関、他都市の地下鉄路線の料金との比較

コルカタ地下鉄南北線の現行料金は以下の表のとおりである。南北線の料金は東西線の予定料金より安価であるが、開業以来南北線の財務状態は悪く（直近三年間は毎年約 30 億 INR の赤字）、中央政府から多額の政府補助金が投入されている。このような南北線の財務状況を踏まえ、東西線の料金は開業後の財務予測に基づき収支がマイナスとならない額に設定された。ただし、最近、計画されているムンバイやチェンナイなどの他都市の地下鉄の料金に比較するとまだ安価なものとなっている。

表 5.3.2 コルカタ地下鉄南北線料金表（単位：INR）

| 乗車区間 | 区間延長 (km) | Fare (Rs.) | | | | |
|------------|--------------|------------|--------|---------|---------|---------|
| | | 東西線 | 南北線 | デリー | ムンバイ | チェンナイ |
| 1-3 駅目まで | 0.8 - 6.7 | 10 | 5 - 10 | 10 - 20 | 10 - 30 | 10 - 40 |
| 4-6 駅目まで | 3.7 - 10.8 | 15 | 5 - 15 | 15 - 20 | 20 - 40 | 20 - 40 |
| 7-9 駅目まで | 8.9 - 13.6 | 20 | 10-15 | 20 - 30 | 40 | 40 - 50 |
| 10-12 駅目まで | 14.4 - 15.6 | 25 | 15 | 30 | 40 | 50 |

出典：JICA 調査団

また、コルカタ市内のバス料金は表 5.3.3 のとおりである。総じて、バス料金の方が地下鉄よりも安くなっているが、距離が長くなるほどその差が広がっている。

表 5.3.3 コルカタ市内バス料金表（単位：INR）

| 乗車距離 (km) | 民営バス | 民営ミニバス | 国営バス |
|--------------|------|--------|------|
| 0-<4.0 | 6 | 7 | 7 |
| 4.1-<8.0 | 8 | 9 | 9 |
| 8.1-<12.0 | 9 | 10 | 11 |

出典：JICA 調査団

(2)事業経営状況

東西線の運営会社となるMRKの過去3年分（2014年度～2016年度）の収支計算書を表5.3.4に示す。前述したように、現在南北線の経営状況は非常に悪く、経営改善のための方策が必要である。すなわち、収入合計（A+B）が一般業務費（C）の6～7割と、維持管理費さえ賄えない状況である。収支悪化の原因は低い料金設定にその一因があると考えられ、料金見直しも検討すべきである。なお、広告収入等の運賃収入以外の収入（B）は、運賃収入（A）の14～15%程度である。

表 5.3.4 MRK 収支計算書（2014年度～2016年度）

（単位：百万INR）

| | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------|----------------|----------------|----------------|
| 収入 | | | |
| 運賃収入(A) | 1717.7 | 1795.9 | 1871.4 |
| 広告収入 | 190.2 | 191.5 | 203.1 |
| 固定資産売却益 | 15.3 | 20.1 | 15.1 |
| 不動産賃貸収入 | 17.7 | 14.2 | 10.0 |
| その他収入 | 13.0 | 39.8 | 47.8 |
| 運賃外収入(B) | 236.2 | 265.6 | 276.0 |
| 収入合計(A+B) | 1953.9 | 2061.5 | 2147.4 |
| 支出 | | | |
| 一般業務費(C) | 2926.9 | 3042.4 | 3753.9 |
| 修繕引当金繰入 | 1150.00 | 800.00 | 750.00 |
| 退職給付費用 | 880.00 | 1060.00 | 1080.00 |
| 支出合計 | 4956.9 | 4902.4 | 5583.9 |
| 当期純利益 | -3003.0 | -2840.9 | -3436.5 |
| (B)/(A) | 13.8% | 14.8% | 14.7% |
| (A+B)/(C) | 66.8% | 67.8% | 57.2% |

出典：MRK

(3)東西線年間収入の想定

1)運賃収入

東西線の需要予測の結果（推定利用者数は2025年：769,450人/日、2035年：998,872人/日、2050年：1,162,427人/日）および料金設定から東西線の将来収入を推定した。年間収入は1年を340日として算定した。

2)運賃外収入

南北線の収入実績（表5.3.4参照）から、運賃外収入は運賃収入の約15%と仮定し推計した。

表 5.3.5 東西線年間収入の想定

| | 2025 | 2035 | 2050 |
|--------------|---------|---------|---------|
| 運賃収入（百万INR） | 4,112.3 | 5,377.2 | 6,307.5 |
| 運賃外収入（百万INR） | 616.8 | 806.6 | 946.1 |
| 収入合計（百万INR） | 4,729.1 | 6,183.8 | 7,253.6 |

出典：JICA 調査団

(4)支出項目及び算定方法、算定結果

1)人件費

4.6.1 章で設定された開業時における職種別要員計画をもとに、それに MRK からヒアリングを行った職種別人件費単価を乗じることによって東西線にかかる年間の人件費を算定する。結果は表 5.3.6 に示す通りである。

表 5.3.6 年間人件費の推計

| 職種 | 必要人数 | 給与単価 (千 INR/年) | 年間人件費合計 (百万 INR) |
|--------|------|----------------|------------------|
| 運営部門 | 212 | 770.0 | 163 |
| 維持管理部門 | 483 | 718.6 | 347 |
| 間接部門 | 14 | 972.6 | 14 |
| 合計 | 709 | | 524 |

出典：JICA 調査団

なお、利用者数の増加に応じて、要員数も増えるものとし、旅客数の増加率は需要予測の結果から以下のとおりとする。

表 5.3.7 利用者数の増加率

| 期間 | 増加率 (%) |
|---------------|---------|
| ～2025 年 | 2.71 |
| 2025 年～2035 年 | 2.64 |
| 2035 年～ | 1.02 |

出典：JICA 調査団

2)電気料金

電気料金は 4.4.4 項で示したように 2025 年に 837 百万 INR、2035 年に 994 百万 INR と推計された。したがって、開業から 2035 年まではこの増加率を用いて年率 1.73%、2035 年以降は利用者数に応じて増加するものとし、年率 1.02%増加するものとする。

3)設備維持費

事業費 (Base Cost) の 2%を毎年設備維持費に充てるものとする。
 $56,714 \text{ 百万 INR} \times 2\% = 1,134 \text{ 百万 INR}$

4)設備更新費

設備更新費は信号・通信設備の更新と、車両の増強及び更新が考えられる。

信号・通信設備の更新

事業実施後 20 年後に事業費の 10%を 2 年に分割して支出する。
 $3,457 \text{ 百万 INR} \times 1.3 \times 5\% = 224.7 \text{ 百万 INR}$

車両増強

需要の増加に応じて、5 年に 1 度、必要台数を購入する。
 $(652.0 \text{ 百万 INR} + 46.3 \text{ 百万 INR}) \times 1.3 = 907.8 \text{ 百万 INR/列車}$

なお、5 年ごとの車両追加台数は以下のとおりである。

表 5.3.8 年度別車両追加台数

| 年度 | 必要台数 | 追加台数 | 追加列車数 |
|------|------|------|-------|
| 2020 | 102 | - | - |
| 2025 | 114 | 12 | 2 |
| 2030 | 126 | 12 | 2 |
| 2035 | 144 | 18 | 3 |
| 2040 | 150 | 6 | 1 |
| 2045 | 162 | 12 | 2 |
| 2050 | 168 | 6 | 1 |

出典：JICA 調査団

車両更新

事業実施後30年後に事業費の25%を見込む。車両単価は表5.1.3に示す車両単価（項目10）652.0百万INRに、通信用のオンボードユニット（項目7.3）46.3百万INRを加えた698.3百万INRに諸経費（30%）を考慮して算定した（698.3百万INR×1.3=907.8百万INR）。

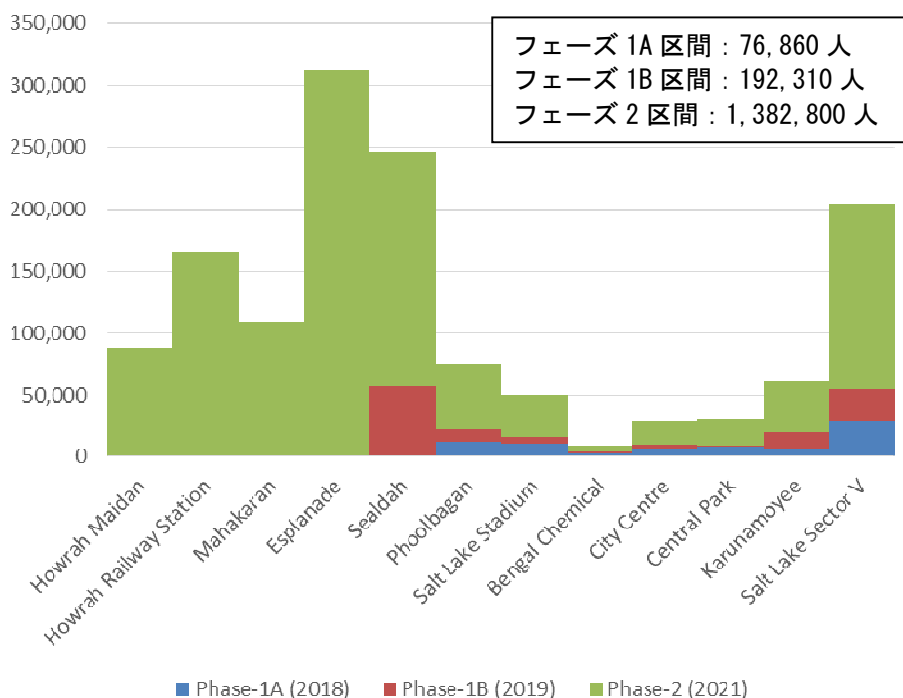
$$907.8 \text{ 百万 INR/台} \times 25\% = 227.0 \text{ 百万 INR/台}$$

5.3.2 財務分析

2018年12月にフェーズ1A（Phool Bagan～Salt Lake Sector V）、2019年12月にフェーズ1B（Phool Bagan～Sealdah）、2021年に全線が開業するというスケジュールで2050年までのキャッシュフローを計算した。部分開業時における収入及び費用の考え方は以下のとおりである。

| | フェーズ 1A | フェーズ 1B | 全線開業 |
|-------------------|-----------------|-----------|-----------|
| 開業年月 | 2018年12月 | 2019年12月 | 2021年2月 |
| 運行距離 | 6.578km | 8.885km | 15.649km |
| テスト運行 | 2018年9月～ | 2019年9月～ | 2020年11月～ |
| 料金収入 | 表5.3.1の料金体系による。 | | |
| 人件費 | 距離比率 | | |
| 電気料金 ¹ | 全線開業時の6% | 全線開業時の15% | 100% |
| 設備維持費 | 距離比率 | | |

2025年時点における駅間OD表をもとに、各フェーズの開業時における駅別乗降客数を推計したものを図5.3.1及び表5.3.9に示す。コルカタ市の中心部であるEsplanade駅以西と接続することによって、飛躍的に利用者数が増加することがわかる。



出典：JICA 調査団

図 5.3.1 フェーズ区間毎の利用者数の増加状況（各フェーズの開業年）

¹ 2025年における駅間ODから、フェーズ1A及び1Bの部分開業区間のみを移動する旅客数を集計して、それを全旅客数で割った比率を示す。

- ・フェーズ1A：46,339/769,450=0.06→6%
- ・フェーズ1B：112,888/769,450=0.147→15%

表 5.3.9 各フェーズ開業時における利用者数の推計

| | Phase-1A(2018年) | | | Phase-1B(2019年) | | | Phase-2(2021年) | | |
|------------------------|-----------------|-----------|--------|-----------------|-----------|---------|----------------|-----------|-----------|
| | Boarding | Alighting | Total | Boarding | Alighting | Total | Boarding | Alighting | Total |
| Howrah Maidan | - | - | - | - | - | - | 51,820 | 36,638 | 88,458 |
| Howrah Railway Station | - | - | - | - | - | - | 76,850 | 89,861 | 166,711 |
| Mahakaran | - | - | - | - | - | - | 52,343 | 56,521 | 108,864 |
| Esplanade | - | - | - | - | - | - | 155,517 | 157,498 | 313,015 |
| Sealdah | - | - | - | 28,875 | 27,808 | 56,684 | 118,980 | 127,787 | 246,767 |
| Phoolbagan | 5,858 | 5,976 | 11,834 | 10,992 | 11,184 | 22,176 | 39,478 | 35,830 | 75,309 |
| Salt Lake Stadium | 5,269 | 5,537 | 10,805 | 7,593 | 8,074 | 15,667 | 23,680 | 26,793 | 50,472 |
| Bengal Chemical | 1,382 | 1,451 | 2,833 | 1,999 | 2,166 | 4,165 | 4,434 | 4,406 | 8,839 |
| City Centre | 3,365 | 3,498 | 6,863 | 4,775 | 4,923 | 9,698 | 14,043 | 14,556 | 28,600 |
| Central Park | 3,740 | 4,239 | 7,979 | 4,246 | 4,672 | 8,918 | 14,960 | 15,519 | 30,479 |
| Karunamoyee | 3,667 | 3,721 | 7,388 | 9,592 | 9,957 | 19,549 | 34,508 | 26,408 | 60,917 |
| Salt Lake Sector V | 15,148 | 14,009 | 29,157 | 28,083 | 27,371 | 55,454 | 104,787 | 99,583 | 204,370 |
| Total | 38,430 | 38,430 | 76,860 | 96,155 | 96,155 | 192,310 | 691,400 | 691,400 | 1,382,800 |

出典：JICA 調査団

料金収入は上記予測結果に表 5.3.1 に示した料金体系を適用して 2018 年（フェーズ 1A 開業）からの収入を以下のように算定した。

- ・フェーズ 1A は 2018 年 12 月に開業するので、2019 年 3 月までの 4 ヶ月分（12 月～3 月）を算定（2018 年度）
- ・フェーズ 1B は 2019 年 12 月に開業するので、フェーズ 1A の 8 ヶ月分（4 月～11 月）とフェーズ 1B の 4 ヶ月分（12 月～3 月）を算定
- ・全線開業（フェーズ 2）は 2021 年 2 月に予定されているので、フェーズ 1B の 10 ヶ月分（4 月～1 月）及びフェーズ 2 の 2 ヶ月分（2 月～3 月）を算定した。

また、人件費及び維持管理費は前項で設定した全線開業時の費用をもとに各フェーズの距離比率を用いて各フェーズにおける費用を算定、また、電気料金は 2025 年における全線開業した場合の利用者数に対する部分開業時の利用者数（部分開業区間内で移動する旅客数のみを集計）の比率（6%と 15%）を用いてフェーズ毎の電気料金を算定した。

算定されたキャッシュフローをもとに FIRR を算定した結果を表 5.3.10 に示す。FIRR は 0.20%と財務的にはかなり厳しい結果となった。

事業費の削減は見込めないことから、運賃体系の見直し、要員数の縮小などによって財務状況を改善する必要がある。運賃と人件費を変化させた場合の FIRR の値を表 5.3.11 に示す。人件費の縮小に対してはあまり効果がないが、料金体系を見直すことによって財務状況は改善される。

表 5.3.10 FIRR の算出結果

(Rs. Crores)

| Year | Completion Cost | O & M Expenses | | Rolling Stock | Replacement Cost | Total Cost | Farebox Revenue | Property Dev.&Advt. Revenue | Total Revenue | Net Cash Flow |
|---------|-----------------|----------------|-------|---------------|------------------|------------|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| 2009-10 | 533.31 | | | | | 533.31 | | | | (533.31) |
| 2010-11 | 144.58 | | | | | 144.58 | | | | (144.58) |
| 2011-12 | 254.40 | | | | | 254.40 | | | | (254.40) |
| 2012-13 | 353.91 | | | | | 353.91 | | | | (353.91) |
| 2013-14 | 387.61 | | | | | 387.61 | | | | (387.61) |
| 2014-15 | 348.71 | | | | | 348.71 | | | | (348.71) |
| 2015-16 | 195.65 | | | | | 195.65 | | | | (195.65) |
| 2016-17 | 564.19 | | | | | 564.19 | | | | (564.19) |
| 2017-18 | 1,499.63 | | | | | 1,499.63 | | | | (1,499.63) |
| 2018-19 | 1,307.03 | 28.51 | | | | 1,335.54 | 6.79 | 1.02 | 7.80 | (1,327.74) |
| 2019-20 | 1,198.22 | 91.20 | | | | 1,289.42 | 31.38 | 4.71 | 36.09 | (1,253.33) |
| 2020-21 | 645.03 | 161.82 | | | | 806.85 | 104.54 | 15.68 | 120.22 | (686.63) |
| 2021-22 | | 243.86 | | | | 243.86 | 368.41 | 55.26 | 423.67 | 179.81 |
| 2022-23 | | 246.65 | | | | 246.65 | 378.67 | 56.80 | 435.47 | 188.82 |
| 2023-24 | | 249.51 | | | | 249.51 | 389.21 | 58.38 | 447.60 | 198.09 |
| 2024-25 | | 252.43 | | | | 252.43 | 400.06 | 60.01 | 460.06 | 207.64 |
| 2025-26 | | 255.38 | 2.00 | 181.56 | | 436.94 | 411.20 | 61.68 | 472.88 | 35.94 |
| 2026-27 | | 258.36 | | | | 258.36 | 422.06 | 63.31 | 485.36 | 227.00 |
| 2027-28 | | 261.41 | | | | 261.41 | 433.20 | 64.98 | 498.18 | 236.76 |
| 2028-29 | | 264.53 | | | | 264.53 | 444.63 | 66.70 | 511.33 | 246.80 |
| 2029-30 | | 267.72 | | | | 267.72 | 456.37 | 68.46 | 524.83 | 257.11 |
| 2030-31 | | 270.98 | 2.00 | 181.56 | | 452.54 | 468.42 | 70.26 | 538.68 | 86.14 |
| 2031-32 | | 274.31 | | | | 274.31 | 480.79 | 72.12 | 552.91 | 278.60 |
| 2032-33 | | 277.71 | | | | 277.71 | 493.48 | 74.02 | 567.50 | 289.79 |
| 2033-34 | | 281.19 | | | | 281.19 | 506.51 | 75.98 | 582.48 | 301.29 |
| 2034-35 | | 283.59 | | | | 283.59 | 519.88 | 77.98 | 597.86 | 314.28 |
| 2035-36 | | 286.05 | 3.00 | 272.34 | | 558.39 | 537.70 | 80.66 | 618.36 | 59.96 |
| 2036-37 | | 287.82 | | | | 287.82 | 543.18 | 81.48 | 624.66 | 336.85 |
| 2037-38 | | 289.59 | | | | 289.59 | 548.73 | 82.31 | 631.03 | 341.44 |
| 2038-39 | | 291.39 | | | | 291.39 | 554.32 | 83.15 | 637.47 | 346.08 |
| 2039-40 | | 293.21 | | | | 293.21 | 559.98 | 84.00 | 643.97 | 350.77 |
| 2040-41 | | 295.04 | 1.00 | 90.78 | 22.47 | 408.29 | 565.69 | 84.85 | 650.54 | 242.25 |
| 2041-42 | | 296.89 | | | 22.47 | 319.36 | 571.46 | 85.72 | 657.18 | 337.81 |
| 2042-43 | | 298.77 | | | | 298.77 | 577.29 | 86.59 | 663.88 | 365.11 |
| 2043-44 | | 300.66 | | | | 300.66 | 583.18 | 87.48 | 670.65 | 369.99 |
| 2044-45 | | 302.57 | | | | 302.57 | 589.12 | 88.37 | 677.49 | 374.93 |
| 2045-46 | | 304.50 | 2.00 | 181.56 | | 486.06 | 595.13 | 89.27 | 684.40 | 198.35 |
| 2046-47 | | 306.45 | | | | 306.45 | 601.20 | 90.18 | 691.38 | 384.94 |
| 2047-48 | | 308.41 | | | | 308.41 | 607.34 | 91.10 | 698.44 | 390.02 |
| 2048-49 | | 310.40 | | | | 310.40 | 613.53 | 92.03 | 705.56 | 395.16 |
| 2049-50 | | 312.41 | | | | 312.41 | 619.79 | 92.97 | 712.76 | 400.34 |
| 2050-51 | | 314.44 | 1.00 | 90.78 | 385.90 | 791.12 | 630.80 | 94.62 | 725.42 | (65.70) |
| Total | 7,432.26 | 8,767.77 | 11.00 | 998.58 | 430.84 | 17,629.45 | 15,614.02 | 2,342.10 | 17,956.12 | 326.67 |

FIRR= **0.20%**

出典：JICA 調査団

表 5.3.11 FIRR の感度分析

| | | Fare Revenue | | |
|-------------------|------|--------------|-------|-------|
| | | +0% | +20% | +40% |
| Personnel Expense | -0% | 0.20% | 2.10% | 3.58% |
| | -10% | 0.34% | 2.20% | 3.67% |
| | -20% | 0.47% | 2.30% | 3.75% |
| | -30% | 0.60% | 2.40% | 3.83% |

出典：JICA 調査団

5.3.3 経済分析

経済的評価では、プロジェクトによってもたらされる直接的な経済便益と経済費用（投資と維持費の実質的な負担額）を比較して、費用便益分析によってプロジェクトを評価する。

(1)経済コストの算定

費用と便益は両方ともに経済価格（Economic Price）で計量する。このために、市場価格で積算した5.1章の事業費を経済価格に変換する。この変換は、一般的には、事業費に含まれている税金の除去、物価上昇の除去、借款の借りに伴う財務的費用の除去、単純労働力の人件費に対する潜在賃率（Shadow Wage Rate: SWR）の適用などを通じて行われる。しかし、ここでは市場価格に表 5.3.12 に示すパラメータを乗じることによって算定する。

表 5.3.12 市場価格を経済価格に変換する係数

| 項目 | 変換係数 |
|-------|------|
| 初期費用 | 0.83 |
| 維持管理費 | 0.87 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

(2)経済便益の算定

コルカタメトロ東西線の導入は、バスや自家用車からの転換を促進させ、結果として道路交通混雑の減少や走行速度の向上、大気汚染や交通事故の減少などの効果を生じさせる。ここで算定する便益としては、もっとも直接的に発生が期待できる便益に限って、(1)バスや自家用車の購入費用及び維持管理費の節減、(2)旅行者の時間節減、(3)自動車走行コストの節減、(4)交通事故処理費用の節減、および(5)大気汚染処理コストの節減、の5種類の便益を取り上げる。表 5.3.13 に各便益金額の市場価格を経済価格に変換する際のパラメータを示す。

表 5.3.13 経済便益の市場価格を経済価格に変換する係数

| 項目 | 変換係数 |
|-------------------------|------|
| バス及び自家用車の購入費用及び維持管理費の節減 | 0.83 |
| 旅行者の時間節減 | 1.0 |
| 自動車走行コストの節減 | 0.9 |
| 交通事故処理費用の節減 | 0.9 |
| 大気汚染処理コストの節減 | 1.0 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

また、表 5.3.14～表 5.3.19 には各便益を算定するための原単位を示す。

表 5.3.14 車種別走行費用原単位

| Mode | VOC* (INR/Km) |
|-----------|---------------|
| Bus | 26.48 |
| Car | 6.39 |
| 2 Wheeler | 1.95 |
| Auto | 3.19 |
| Taxi | 6.39 |

出典：Indian Road Congress (IRC), * 2009 年値を年率 5% で 2017 年値に変換

表 5.3.15 車種別旅行者時間費用原単位

| Mode | Value of Travel Time (INR/ Hour) |
|-----------|----------------------------------|
| Bus | 40.0 |
| Car | 92.0 |
| 2 Wheeler | 50.0 |
| Auto | 40.0 |
| Taxi | 40.0 |

出典：Traffic Survey Report by RITES, April 2017

表 5.3.16 車種別走行パラメータ

| Mode | Average Lead KM | | Veh-KM /Day | Average Speed (Km/Hr)* | | Occupancy |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| | Without East-West Metro Corridor | With East-West Metro Corridor | | Without East-West Metro Corridor | With East-West Metro Corridor | |
| Bus | 12.4 | 11.4 | 165 | 10 | 12 | 55 |
| Car | 13.0 | 11.5 | 26 | 18 | 21.6 | 2 |
| 2wheeler | 12.3 | 10.9 | 24 | 18 | 21.6 | 1.1 |
| Auto | 3.9 | 3.6 | 150 | 16 | 19.2 | 3 |
| Taxi | 12.0 | 10.9 | 150 | 16 | 19.2 | 2 |

出典：Traffic Survey Report by RITES, April 2017,* 需要予測モデルによる計算結果

表 5.3.17 車種別排出ガス原単位

| Vehicle Type/ Pollutant | CO | HC | NOX | PM | CO2 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 2-wheeler | 1.4 | 0.7 | 0.3 | 0.05 | 28.58 |
| Auto | 2.45 | 0.75 | 0.12 | 0.08 | 77.89 |
| Cars (incl. cabs) | 1.39 | 0.15 | 0.12 | 0.02 | 139.52 |
| Bus (incl. BRT) | 3.72 | 0.16 | 6.53 | 0.24 | 787.72 |
| Treatment Cost (Rs. /ton) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 500 |

出典：Appraisal guidelines for Metro Rail Project Proposals MoHUA, GOI 2017

表 5.3.18 交通事故発生原単位

| Year | Total Accidents | Fatal Accidents |
|------|-----------------|-----------------|
| 2013 | 4,437 | 420 |
| 2014 | 4,561 | 431 |
| 2015 | 4,347 | 412 |
| 2016 | 4,104 | 388 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

表 5.3.19 交通事故処理コスト

| Type of Accident | Accident Cost (INR) | |
|---|---------------------|-----------------|
| | (2004 prices)* | (2017 prices)** |
| Cost of fatal accident | 437,342 | 824,674 |
| Cost of major accident | 64,256 | 121,164 |
| Cost of damage to Two wheelers | 2,286 | 4,311 |
| Cost of damage to Car | 9,763 | 18,410 |
| Cost of damage to buses in road accidents | 32,818 | 61,883 |

出典：*Appraisal guidelines for Metro Rail Project Proposals MoHUA, GOI 2017

**derived using escalation factor of 5%

これらの便益は、プロジェクトを実施した場合としなかった場合の両ケースについて交通量予測を行い、その結果を比較して計量する。便益の算定結果を

表 5.3.20 及び表 5.3.21 に示す。バス及び自家用車の購入費用節減額が最も大きく、次いで旅行者の時間短縮便益、車両運行コスト節減となっており、これら 3 つの便益で全体の 96%以上を占めている。

表 5.3.20 経済便益額の算定結果（バス及び自家用車の購入費用及び維持管理費の節減）
(Unit: INR Crore)

| BENEFITS | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Benefits due to less no. of buses | 338.1 | 451.4 | 609.8 | 775.8 |
| Benefits due to less no. of other vehicles | 704.5 | 826.7 | 950.0 | 1,082.0 |
| Total | 1,042.6 | 1,278.1 | 1,559.8 | 1,857.8 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

表 5.3.21 経済便益額の算定結果（その他）

(Unit: INR Crore)

| BENEFITS | 2020 | 2025 | 2035 | 2050 |
|---|--------|--------|--------|----------|
| Saving in VOC due to less number of vehicles on road | 311.5 | 352.5 | 468.9 | 625.2 |
| Saving in VOC due to decongestion effect on road | 49.8 | 53.6 | 57.4 | 68.6 |
| Saving in value of passenger time | 681.21 | 752.77 | 905.48 | 1,059.42 |
| Reduction in Pollution due to less number of vehicles on road | 20.26 | 22.74 | 29.57 | 38.84 |
| Reduction in Pollution due to decongestion effect on road | 7.01 | 7.59 | 8.22 | 9.63 |
| Benefits due to reduction in accidents | 4.3 | 4.6 | 5.4 | 7.1 |

出典：Economic & Financial Analysis by RITES, January 2018

(3)EIRR の計算

開業（2021年）から30年間の費用と便益を計算し、IRRとNPV（割引率12%）を計算した結果を表5.3.22に示す。EIRRは11.37%を示し、一般的に公共事業として実施する基準である12%を下回る結果となった。しかし、この結果はコルカタ東西線メトロ事業を実施する必要はないことを示すものではない。本事業は諸々の原因により工事が中断し、その間、コストだけが支出され、便益が全く創出されることがなかった。ちなみに、本来は2014年に開業予定であったことから、6年間の工事の遅れがなかったとし、2009年～2014年までの支出が2014年度に発生したと仮定して（工事期間を当初予定通り7年間とする）、さらにその遅れによるインフレを削除してEIRRを計算すると12.53%と12%を超え、経済的に実施の妥当性があることが証明された（表5.3.23参照）。ただし、この12%をわずかながら超える結果は、需要の下振れによって12%を下回ることになるため、開業後に事後評価を行い、需要が想定通りに行かない場合には需要を喚起させる方策を検討する必要がある。

表 5.3.22 EIRR の算出結果 (実績コスト)

(Unit: Rs. Crores)

| Year | Capital Cost | Operating Expenses | Total Costs | Savings in Capital Cost of Buses and Private Vehicles | Savings Time | VOC | ACC | POL | Total Savings | Net Cash Flow |
|---------|--------------|--------------------|-------------|---|--------------|-----------|--------|----------|---------------|---------------|
| 2009-10 | 442.65 | | 442.65 | | | | | | | (442.65) |
| 2010-11 | 120.00 | | 120.00 | | | | | | | (120.00) |
| 2011-12 | 211.15 | | 211.15 | | | | | | | (211.15) |
| 2012-13 | 293.74 | | 293.74 | | | | | | | (293.74) |
| 2013-14 | 321.72 | | 321.72 | | | | | | | (321.72) |
| 2014-15 | 289.43 | | 289.43 | | | | | | | (289.43) |
| 2015-16 | 162.39 | | 162.39 | | | | | | | (162.39) |
| 2016-17 | 468.28 | | 468.28 | | | | | | | (468.28) |
| 2017-18 | 1,244.69 | | 1,244.69 | | | | | | | (1,244.69) |
| 2018-19 | 1,084.83 | 24.81 | 1,109.64 | 2.00 | 13.08 | 6.89 | 0.08 | 0.52 | 22.57 | (1,087.06) |
| 2019-20 | 994.52 | 79.35 | 1,073.87 | 9.19 | 60.07 | 31.75 | 0.38 | 2.40 | 103.79 | (970.08) |
| 2020-21 | 535.37 | 140.78 | 676.16 | 30.41 | 198.69 | 105.38 | 1.25 | 7.95 | 343.68 | (332.47) |
| 2021-22 | - | 212.16 | 212.16 | 106.41 | 694.96 | 369.85 | 4.36 | 27.86 | 1,203.42 | 991.27 |
| 2022-23 | - | 214.59 | 214.59 | 108.59 | 708.98 | 378.59 | 4.42 | 28.46 | 1,229.04 | 1,014.45 |
| 2023-24 | - | 217.07 | 217.07 | 110.83 | 723.29 | 387.55 | 4.48 | 29.07 | 1,255.21 | 1,038.14 |
| 2024-25 | - | 219.61 | 219.61 | 113.11 | 737.88 | 396.72 | 4.54 | 29.69 | 1,281.94 | 1,062.32 |
| 2025-26 | 150.69 | 222.18 | 372.87 | 115.44 | 752.77 | 406.10 | 4.60 | 30.33 | 1,309.24 | 936.36 |
| 2026-27 | - | 224.77 | 224.77 | 117.81 | 766.80 | 416.77 | 4.67 | 31.00 | 1,337.06 | 1,112.28 |
| 2027-28 | - | 227.43 | 227.43 | 120.23 | 781.10 | 427.71 | 4.75 | 31.69 | 1,365.49 | 1,138.06 |
| 2028-29 | - | 230.14 | 230.14 | 122.71 | 795.66 | 438.95 | 4.83 | 32.40 | 1,394.54 | 1,164.40 |
| 2029-30 | - | 232.92 | 232.92 | 125.23 | 810.49 | 450.48 | 4.90 | 33.12 | 1,424.23 | 1,191.31 |
| 2030-31 | 150.69 | 235.75 | 386.45 | 127.81 | 825.60 | 462.31 | 4.98 | 33.86 | 1,454.56 | 1,068.11 |
| 2031-32 | - | 238.65 | 238.65 | 130.38 | 840.99 | 474.45 | 5.06 | 34.61 | 1,485.50 | 1,246.85 |
| 2032-33 | - | 241.61 | 241.61 | 133.00 | 856.67 | 486.92 | 5.15 | 35.38 | 1,517.11 | 1,275.50 |
| 2033-34 | - | 244.64 | 244.64 | 135.68 | 872.64 | 499.70 | 5.23 | 36.16 | 1,549.42 | 1,304.78 |
| 2034-35 | - | 246.72 | 246.72 | 138.41 | 888.91 | 512.83 | 5.31 | 36.97 | 1,582.43 | 1,335.71 |
| 2035-36 | 226.04 | 248.87 | 474.91 | 141.19 | 905.48 | 526.30 | 5.40 | 37.79 | 1,616.16 | 1,141.25 |
| 2036-37 | - | 250.40 | 250.40 | 144.03 | 915.01 | 536.08 | 5.50 | 38.42 | 1,639.05 | 1,388.65 |
| 2037-38 | - | 251.95 | 251.95 | 146.93 | 924.64 | 546.05 | 5.60 | 39.07 | 1,662.29 | 1,410.34 |
| 2038-39 | - | 253.51 | 253.51 | 149.89 | 934.37 | 556.20 | 5.70 | 39.72 | 1,685.88 | 1,432.37 |
| 2039-40 | - | 255.09 | 255.09 | 152.90 | 944.20 | 566.54 | 5.81 | 40.38 | 1,709.84 | 1,454.75 |
| 2040-41 | 94.00 | 256.69 | 350.68 | 155.98 | 954.13 | 577.08 | 5.92 | 41.06 | 1,734.16 | 1,383.48 |
| 2041-42 | 18.65 | 258.30 | 276.95 | 158.73 | 964.17 | 587.81 | 6.02 | 41.75 | 1,758.48 | 1,481.53 |
| 2042-43 | - | 259.93 | 259.93 | 161.53 | 974.32 | 598.73 | 6.14 | 42.44 | 1,783.16 | 1,523.24 |
| 2043-44 | - | 261.57 | 261.57 | 164.38 | 984.57 | 609.87 | 6.25 | 43.15 | 1,808.22 | 1,546.65 |
| 2044-45 | - | 263.23 | 263.23 | 167.28 | 994.93 | 621.20 | 6.36 | 43.88 | 1,833.65 | 1,570.42 |
| 2045-46 | 150.69 | 264.91 | 415.61 | 170.23 | 1,005.40 | 632.75 | 6.48 | 44.61 | 1,859.47 | 1,443.87 |
| 2046-47 | - | 266.61 | 266.61 | 173.23 | 1,015.98 | 644.52 | 6.60 | 45.36 | 1,885.68 | 1,619.08 |
| 2047-48 | - | 268.32 | 268.32 | 176.29 | 1,026.67 | 656.50 | 6.72 | 46.12 | 1,912.29 | 1,643.97 |
| 2048-49 | - | 270.05 | 270.05 | 179.40 | 1,037.47 | 668.70 | 6.85 | 46.89 | 1,939.31 | 1,669.25 |
| 2049-50 | - | 271.80 | 271.80 | 182.56 | 1,048.39 | 681.14 | 6.97 | 47.67 | 1,966.73 | 1,694.93 |
| 2050-51 | 395.64 | 273.57 | 669.21 | 185.78 | 1,059.42 | 693.80 | 7.10 | 48.47 | 1,994.57 | 1,325.36 |
| Total | 7,355.19 | 7,627.96 | 14,983.15 | 4,357.58 | 27,017.71 | 15,956.22 | 168.43 | 1,148.24 | 48,648.18 | 33,665.03 |

EIRR= **11.37%**
 ENPV@12%= **(205.0)**

表 5.3.23 EIRR の算出結果 (コスト調整後)

(Unit: Rs. Crores)

| Year | Capital Cost | Operating Expenses | Total Costs | Savings in Capital Cost of Buses and Private Vehicles | Savings Time | VOC | ACC | POL | Total Savings | Net Cash Flow |
|---------|--------------|--------------------|-------------|---|--------------|-----------|--------|----------|---------------|---------------|
| 2009-15 | 1,678.69 | | 1,678.69 | | | | | | | (1,678.69) |
| 2015-16 | 162.39 | | 162.39 | | | | | | | (162.39) |
| 2016-17 | 468.28 | | 468.28 | | | | | | | (468.28) |
| 2017-18 | 1,204.86 | | 1,204.86 | | | | | | | (1,204.86) |
| 2018-19 | 1,050.12 | 24.81 | 1,074.92 | 2.00 | 13.08 | 6.89 | 0.08 | 0.52 | 22.57 | (1,052.35) |
| 2019-20 | 962.70 | 79.35 | 1,042.04 | 9.19 | 60.07 | 31.75 | 0.38 | 2.40 | 103.79 | (938.25) |
| 2020-21 | 518.24 | 140.78 | 659.02 | 30.41 | 198.69 | 105.38 | 1.25 | 7.95 | 343.68 | (315.34) |
| 2021-22 | - | 212.16 | 212.16 | 106.41 | 694.96 | 369.85 | 4.36 | 27.86 | 1,203.42 | 991.27 |
| 2022-23 | - | 214.59 | 214.59 | 108.59 | 708.98 | 378.59 | 4.42 | 28.46 | 1,229.04 | 1,014.45 |
| 2023-24 | - | 217.07 | 217.07 | 110.83 | 723.29 | 387.55 | 4.48 | 29.07 | 1,255.21 | 1,038.14 |
| 2024-25 | - | 219.61 | 219.61 | 113.11 | 737.88 | 396.72 | 4.54 | 29.69 | 1,281.94 | 1,062.32 |
| 2025-26 | 150.69 | 222.18 | 372.87 | 115.44 | 752.77 | 406.10 | 4.60 | 30.33 | 1,309.24 | 936.36 |
| 2026-27 | - | 224.77 | 224.77 | 117.81 | 766.80 | 416.77 | 4.67 | 31.00 | 1,337.06 | 1,112.28 |
| 2027-28 | - | 227.43 | 227.43 | 120.23 | 781.10 | 427.71 | 4.75 | 31.69 | 1,365.49 | 1,138.06 |
| 2028-29 | - | 230.14 | 230.14 | 122.71 | 795.66 | 438.95 | 4.83 | 32.40 | 1,394.54 | 1,164.40 |
| 2029-30 | - | 232.92 | 232.92 | 125.23 | 810.49 | 450.48 | 4.90 | 33.12 | 1,424.23 | 1,191.31 |
| 2030-31 | 150.69 | 235.75 | 386.45 | 127.81 | 825.60 | 462.31 | 4.98 | 33.86 | 1,454.56 | 1,068.11 |
| 2031-32 | - | 238.65 | 238.65 | 130.38 | 840.99 | 474.45 | 5.06 | 34.61 | 1,485.50 | 1,246.85 |
| 2032-33 | - | 241.61 | 241.61 | 133.00 | 856.67 | 486.92 | 5.15 | 35.38 | 1,517.11 | 1,275.50 |
| 2033-34 | - | 244.64 | 244.64 | 135.68 | 872.64 | 499.70 | 5.23 | 36.16 | 1,549.42 | 1,304.78 |
| 2034-35 | - | 246.72 | 246.72 | 138.41 | 888.91 | 512.83 | 5.31 | 36.97 | 1,582.43 | 1,335.71 |
| 2035-36 | 226.04 | 248.87 | 474.91 | 141.19 | 905.48 | 526.30 | 5.40 | 37.79 | 1,616.16 | 1,141.25 |
| 2036-37 | - | 250.40 | 250.40 | 144.03 | 915.01 | 536.08 | 5.50 | 38.42 | 1,639.05 | 1,388.65 |
| 2037-38 | - | 251.95 | 251.95 | 146.93 | 924.64 | 546.05 | 5.60 | 39.07 | 1,662.29 | 1,410.34 |
| 2038-39 | - | 253.51 | 253.51 | 149.89 | 934.37 | 556.20 | 5.70 | 39.72 | 1,685.88 | 1,432.37 |
| 2039-40 | - | 255.09 | 255.09 | 152.90 | 944.20 | 566.54 | 5.81 | 40.38 | 1,709.84 | 1,454.75 |
| 2040-41 | 94.00 | 256.69 | 350.68 | 155.98 | 954.13 | 577.08 | 5.92 | 41.06 | 1,734.16 | 1,383.48 |
| 2041-42 | 18.65 | 258.30 | 276.95 | 158.73 | 964.17 | 587.81 | 6.02 | 41.75 | 1,758.48 | 1,481.53 |
| 2042-43 | - | 259.93 | 259.93 | 161.53 | 974.32 | 598.73 | 6.14 | 42.44 | 1,783.16 | 1,523.24 |
| 2043-44 | - | 261.57 | 261.57 | 164.38 | 984.57 | 609.87 | 6.25 | 43.15 | 1,808.22 | 1,546.65 |
| 2044-45 | - | 263.23 | 263.23 | 167.28 | 994.93 | 621.20 | 6.36 | 43.88 | 1,833.65 | 1,570.42 |
| 2045-46 | 150.69 | 264.91 | 415.61 | 170.23 | 1,005.40 | 632.75 | 6.48 | 44.61 | 1,859.47 | 1,443.87 |
| 2046-47 | - | 266.61 | 266.61 | 173.23 | 1,015.98 | 644.52 | 6.60 | 45.36 | 1,885.68 | 1,619.08 |
| 2047-48 | - | 268.32 | 268.32 | 176.29 | 1,026.67 | 656.50 | 6.72 | 46.12 | 1,912.29 | 1,643.97 |
| 2048-49 | - | 270.05 | 270.05 | 179.40 | 1,037.47 | 668.70 | 6.85 | 46.89 | 1,939.31 | 1,669.25 |
| 2049-50 | - | 271.80 | 271.80 | 182.56 | 1,048.39 | 681.14 | 6.97 | 47.67 | 1,966.73 | 1,694.93 |
| 2050-51 | 395.64 | 273.57 | 669.21 | 185.78 | 1,059.42 | 693.80 | 7.10 | 48.47 | 1,994.57 | 1,325.36 |
| Total | 7,231.69 | 7,627.96 | 14,859.65 | 4,357.58 | 27,017.71 | 15,956.22 | 168.43 | 1,148.24 | 48,648.18 | 33,788.53 |

EIRR= **12.53%**
ENPV@12%= **247.9**

第6章 中心駅（Esplanade 駅）開発方策の検討

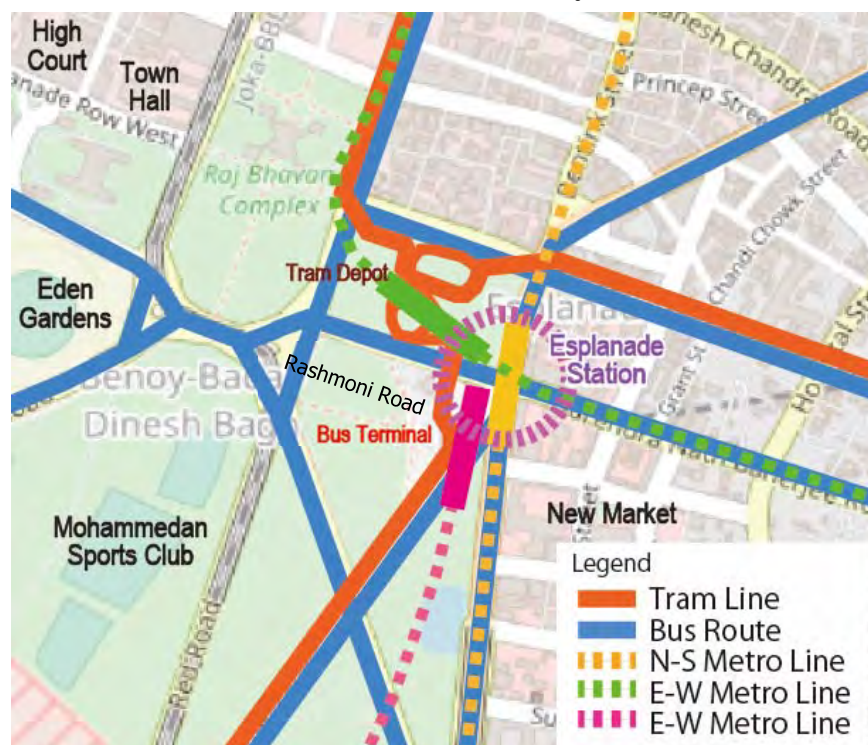
6.1 駅および駅周辺地域の位置づけ

Esplanade 駅および駅周辺地域に求められている機能・役割を明確にするため、駅および駅周辺地域の交通上ならびに土地利用上の現状と問題点を整理した。

6.1.1 交通上の現状と問題点

(1) 地下鉄

現在、Esplanade 駅には Noapara から Kavi Subhash を結ぶ 27.22km・24 駅の地下鉄南北線が運行している。2015 年時点での一日の乗降客数は 56,175 人であり、将来的には、東西線、Joka 線も乗り入れる計画となっており、一大ターミナルとなることが想定されている。



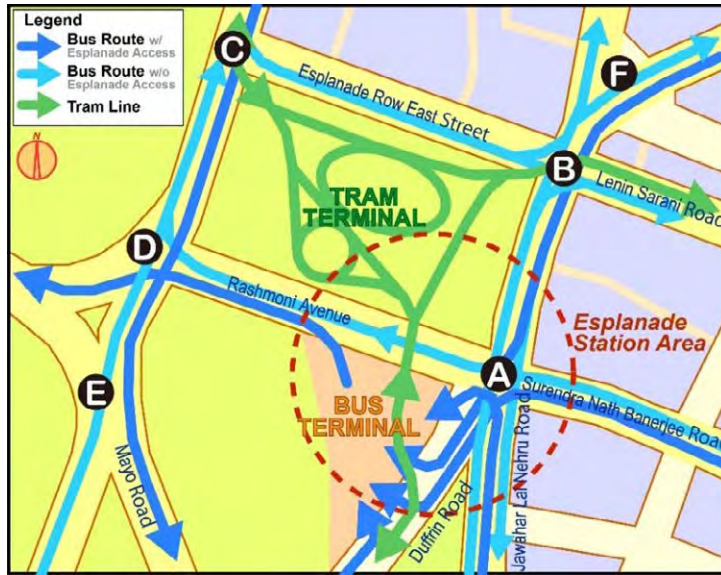
出典：JICA 調査団

図 6.1.1 地下鉄 3 線の位置図

(2) バス

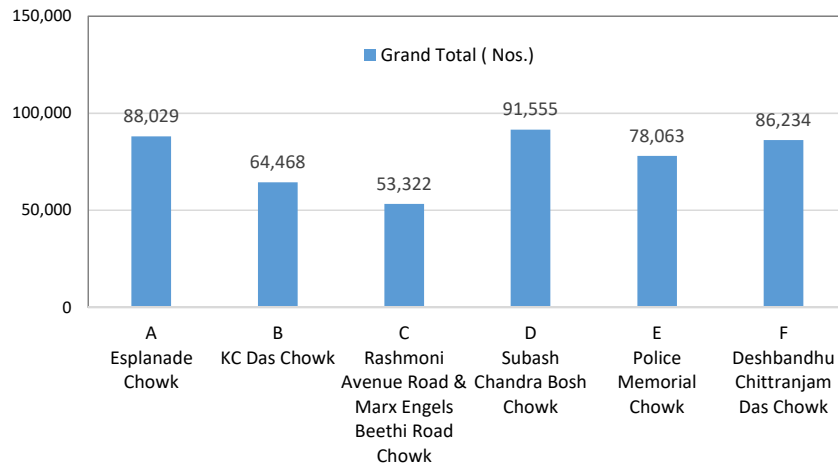
図 6.1.2 に示すとおり、Esplanade 駅に近接して、Rashmoni Avenue の南側にバスターミナルが整備されている。バスターミナルはコルカタ市南部及び東部地域をサービスする路線がメインとなっており、南部からは Jawahar Lal Nehru 道路及び Duffrin 道路、東部からは Surendra Nath Banerjee 道路が主なバス路線となっている。また、図 6.1.4 に示したとおり、Esplanade 駅へ（もしくは Esplanade 駅から）アクセスする交通モードをみるとバスと歩行者が多く、バスの重要性を示している。

西ベンガル州が実施した交通量調査によれば、Esplanade 駅周辺で最も交通量が多いのは図 6.1.2 の Subash Chandra Bosh Chowk 交差点（D）で 91,555 台/日、次いで Esplanade Chowk 交差点（A）で 88,029 台/日となっている。これらの交差点には数多くのバスも含まれていることから、渋滞も激しくなっている。



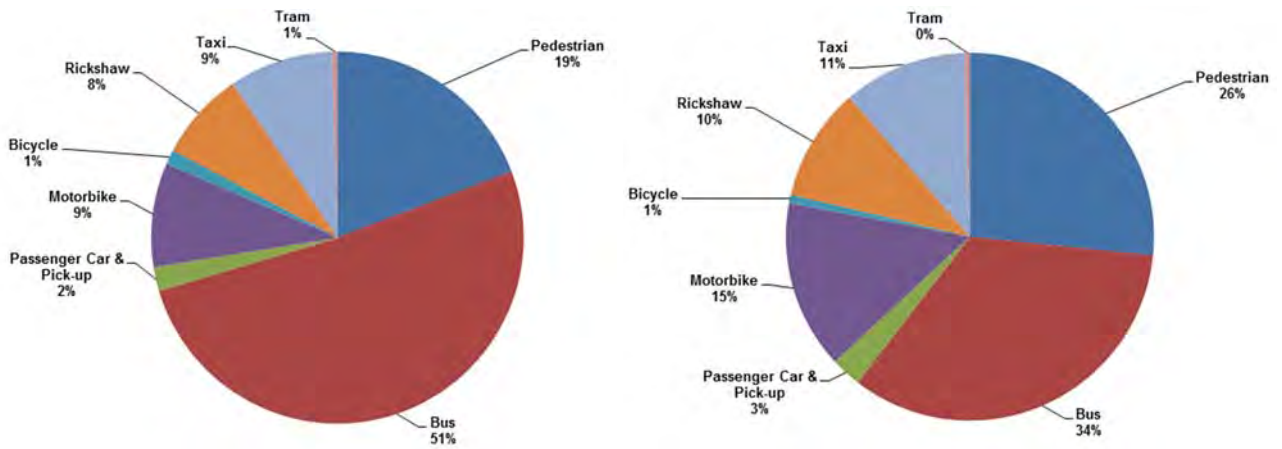
出典：JICA 調査団

図 6.1.2 Esplanade 駅周辺のバスとトラムの動線



出典：西ベンガル州作成のコンセプトプランを基に JICA 調査団

図 6.1.3 Esplanade 駅周辺の主要交差点の交通量



出典：本調査内で実施した再委託調査結果 (UPDATING KOLKATA METRO TRAFFIC DEMAND MODELLING AND STUDY)

図 6.1.4 Esplanade 駅利用者のアクセスモードの構成 (左図：インバウンド、右図：アウトバウンド)

(3) トラム

コルカタ市内には 8 ヲ所のトラムターミナルが整備されているが、そのうちの 1 ヲ所が Esplanade 駅の西側に位置しており、面積は約 0.7ha である（図 6.1.1 参照）。現在、地下鉄東西線の整備に伴い、ターミナルの南側は閉鎖されている。現在のトラム路線は、地下鉄路線やバス路線と重複している区間が多く、施設の老朽化も進んでいることもあり、運行スピードの遅いトラムの利用者数は少ない。

(4) その他交通手段（自家用車、バイク、タクシー、リキシャ、自転車）

現在、自家用車、バイク、タクシー、リキシャの特定の駐車スペースはなく、駅周辺に無秩序に駐車されている。図 6.1.4 に示したとおり、地下鉄へ（もしくは地下鉄から）アクセスする交通モードをみると、これらの他交通手段利用者は約 30～40% と多く、計画的な施設整備が望まれる。

(5) 交通上の問題点

Esplanade 駅および駅周辺の交通上の問題点は以下のように集約できる。

- 地下鉄、バス、トラム等の公共交通機関が充実しているが、公共交通機関相互の乗り換え利便性不足やサービスレベルの不足（特にトラム）等により、公共交通ネットワークの拠点としての機能を果たし切れていない。
- Esplanade 駅を起点とした地下鉄、バス、トラム等の動線が錯綜し、しかも交通量が多いために交通渋滞が発生し、円滑な乗り換えを阻害するとともに、駅周辺の魅力を低下させる原因となっている。
- Esplanade 駅へのアクセスモードとしてはバスの他にバイクやタクシー等の利用も多いが、駅周辺には駐車スペースが適切に確保されていないために、交通渋滞の一因となっている。
- 地下鉄 3 線の開通にあたり駅構内の乗り換え利便性を考慮する必要がある。

6.1.2 土地利用上の現状と問題点

(1) 土地利用

Esplanade 駅周辺は、遊歩道等も多く整備されている緑豊かな地区であり、かつては富裕層の居住地であった。現在は、業務・政府関連施設、商業施設、アスレチック・スポーツセンター、ホテル・病院施設、交通結節点、オープンスペース等の土地利用が混在しており、主に中所得者層が居住・利用する地域となっている。

表 6.1.1 土地利用別の主な施設一覧

| 土地利用 | 主な施設 |
|--------------------|--|
| 業務・業務施設 | 税務署、高等裁判所、コルカタ市役所 等 |
| 商業施設 | Big Bazar Building（保険会社）、ニューマーケット 等 |
| アスレチック スポーツセンター | Eden ガーデン、Netaji 屋内スタジアム、Dalhousie アスレチッククラブ、Rangers クラブ 等 |
| ホテル・病院施設 | Grand Oberoi ホテル、Peerless INN 等 |
| 交通結節点 | Esplanade バスターミナル、Esplanade トラムターミナル、地下鉄南北線 Esplanade 駅、東西線 Esplanade 駅（建設中）、Joka 線 Esplanade 駅（計画中） |

出典：JICA 調査団



写真 6.1.1 コルカタ市役所



写真 6.1.2 ニューマーケット



写真 6.1.3 Big Bazar Building



出典：JICA 調査団

図 6.1.5 Esplanade 駅周辺の土地利用

(2) 観光資源

コルカタ市が指定している観光資源を表 6.1.2 並びに図 6.1.6 に示す。

表 6.1.2 Esplanade 駅周辺の観光資源

| | | |
|--|---|---|
| 歴史的施設 <ul style="list-style-type: none"> • Town Hall • High Court • Raj Bhavan | 博物館 <ul style="list-style-type: none"> • Indian Museum • Asiatic Society | 自然・公園 <ul style="list-style-type: none"> • Maidan • Eden Garden |
| 宗教施設 <ul style="list-style-type: none"> • St Jon's church • Tipu Sultan's mosque | ランドマーク <ul style="list-style-type: none"> • Sahid Minar | スポーツ施設 <ul style="list-style-type: none"> • Eden Gardens • Mohan Bagan Club • East Bengal Club • Mohamedan Sporting Club • ClubCalcutta Polo Club |

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6.1.6 Esplanade 駅周辺の観光資源

(3) 土地利用上の現状と問題点

Esplanade 駅は、約 1,400 万人の人口を有するコルカタ首都圏の主要駅の一つであり、周辺は商業業務、行政、観光施設、レクリエーション施設等が数多く立地している。しかし、核となる施設がなく、まとまりに欠け、魅力ある空間となっていない。

6.2 開発コンセプト

Esplanade 駅周辺を概観すると、6.1 節で述べたように、駅周辺にはバスやトラム等の公共交通機関が既に整備されているが適正に運行されておらず、交通渋滞も激しい。また駅周辺地域は、コルカタ市の経済と業務の中心であるとともに、観光資源も多く分布し、首都圏内外から多くの人々が来訪する地域であるが、駅周辺はまとまりがなく、魅力ある空間となっていないことが明らかとなった。これらの現状と問題点を踏まえ、駅と駅周辺の開発コンセプトを以下のとおり設定した。

開発コンセプト 1：公共交通機関の円滑な乗り換え利便性を確保する。

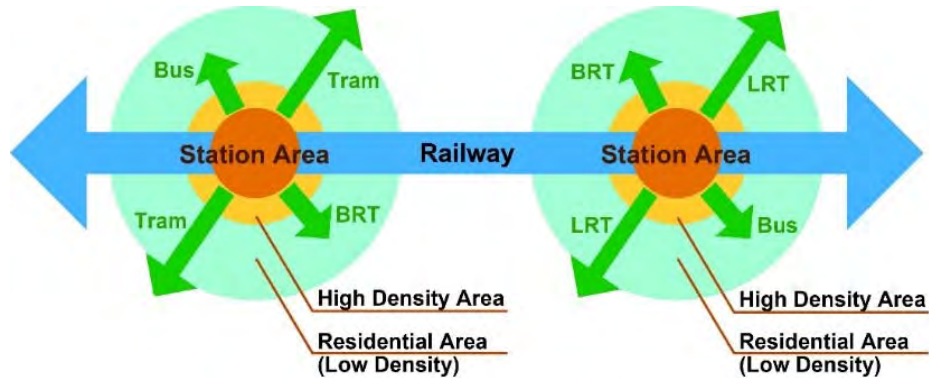
地下鉄間ならびに地下鉄から接続されるバス、トラム、タクシー等の交通機関への円滑な動線を確保するとともに、交通機関相互を円滑に移動できるように乗り換え施設の整備を行う。また、歩行者の安全な移動に配慮し、可能な限り歩行者動線と各交通機関の動線の分離を図る。さらに、将来的には、公共交通志向型開発（TOD）を目指すこととし、各交通機関が担う役割を明確にした上で、Esplanade 駅を中心とした公共交通ネットワークの再編を図る。

開発コンセプト 2：地域の資産となる拠点として駅周辺開発を行う。

公共交通機関が集まる利便性の高い駅と、水と緑が一体となったオープンスペース、駅周辺に残る歴史的な建造物を一体として捉え、駅および駅周辺の景観機能や交流機能を高める整備を行うことにより、Esplanade 駅の魅力を一層高め、地域の資産となる拠点としての整備を図る。

6.3 動線計画

6.2 章で設定した開発コンセプトに基づき、Esplanade 駅は将来的に公共交通志向型開発 (TOD) を目指すことを前提しつつ、各交通手段の動線を計画する必要がある。Esplanade 駅も含めて、一般的に駅周辺は多くの人が集まる高密度の地域となっており、交通渋滞も発生しやすい。駅周辺には高密度でコンパクトな市街地を形成するとともに、公共交通機関主体の交通体系を構築することにより円滑な移動を確保するとともに、交通渋滞のない街づくりを目指す動線計画を作成した。

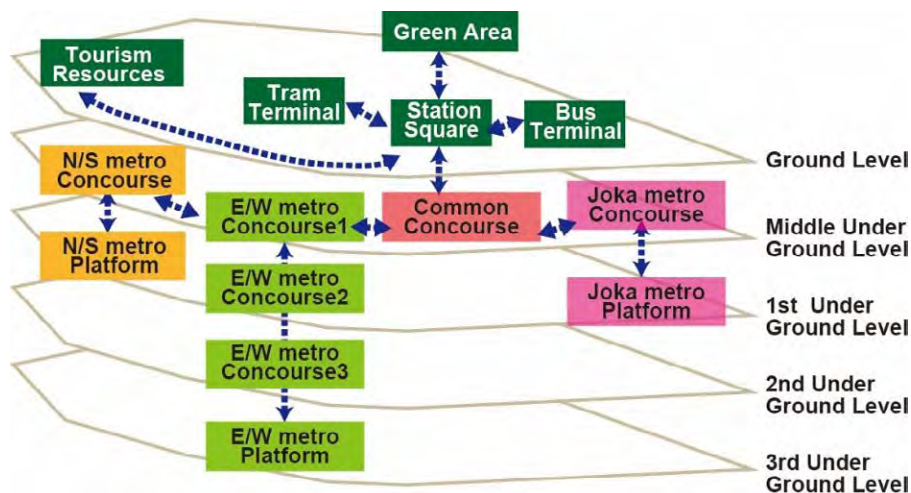


出典：JICA 調査団

図 6.3.1 公共交通志向型開発 (TOD) の概念図

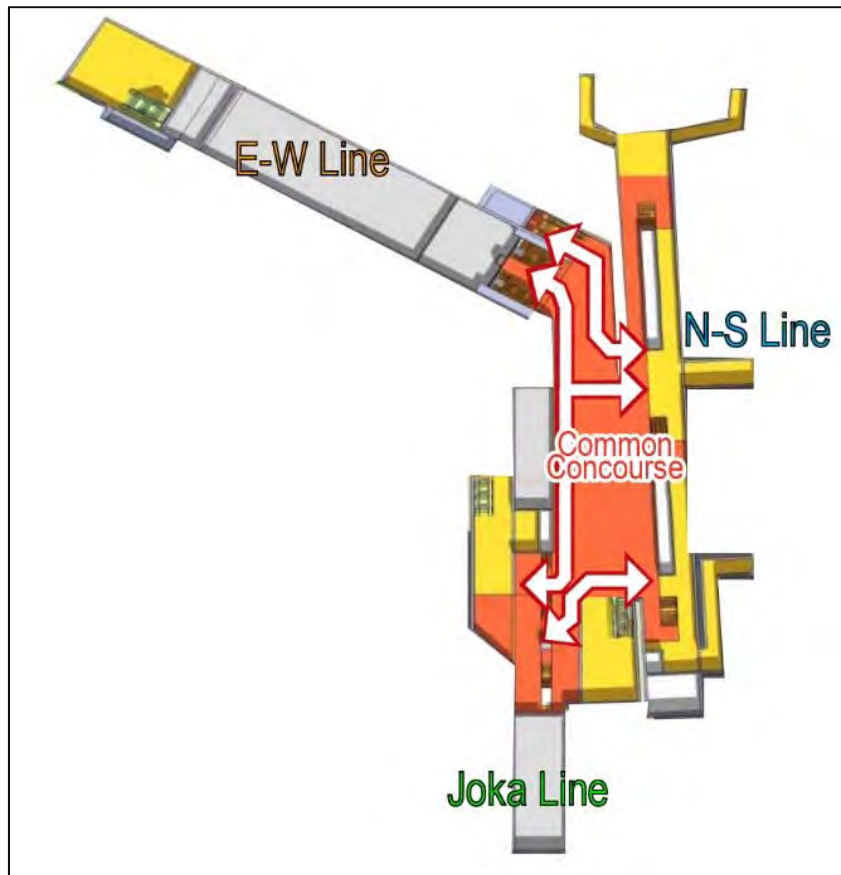
(1) 地下部の動線計画

地下鉄間の乗り換え利便性を高めるために、地下鉄3線の駅相互を連絡する共通コンコースを設置し、円滑な乗り換え動線を確保する。図 6.3.2 に示すとおり、東西線のコンコースは3層とし、地下3階に東西線のプラットフォームを配置する。図 6.3.3 に示すとおり、南北線と東西線は交差した位置関係にあるため、既設の南北線のプラットフォームよりも深い位置でトンネルを交差させる必要があるため東西線の地下コンコースは3層となっている。



出典：JICA 調査団

図 6.3.2 地下部の動線計画



注 矢印は乗り換え動線を示している

出典：JICA 調査団

図 6.3.3 地下部連絡通路の整備イメージ

(2) 地上部の動線計画

地上部の動線計画を図 6.3.4 に示す。Esplanade 駅へ（もしくは Esplanade 駅から）アクセスする交通モードをみるとバスが多い（図 6.1.4 参照）。このため、地下の共通コンコースから接続される駅前広場（Station Square）は、バスターミナルに近接して配置し、バスの利用者が即座に地下鉄へ移動できるように地上部での歩行者動線を確保する。さらに、地上部において、歩行者が安全に通行できるように、駅前広場からトラムターミナル、自家用車用駐車場、タクシー乗り場等へアクセスできるための立体歩道橋（Pedestrian Skybridge）を設置し、可能な限りバスや自家用車等の移動動線と歩行者動線を分離する。また、トラムターミナルの東側には駅ビル等を新たに設置することにより、Esplanade 駅の利便性を高める。駅前広場から駅ビルにつながる歩行者動線は立体歩道橋により確保する。



出典：JICA 調査団

図 6.3.4 地上部の動線計画

6.4 必要施設及び規模

RITES が実施した需要予測の結果によると、2035 年時点の地下鉄 3 線の乗り換え旅客数は 355,159 人/日、バス、タクシー、自家用車、徒歩等の手段を使って Esplanade 駅を利用する数は 187,092 人/日である。この結果を踏まえ、地下鉄とその他交通機関に対して、必要な施設ならびに規模、施設整備の考え方を以下に整理する。

6.4.1 地下鉄

(1) 必要施設および施設整備の考え方

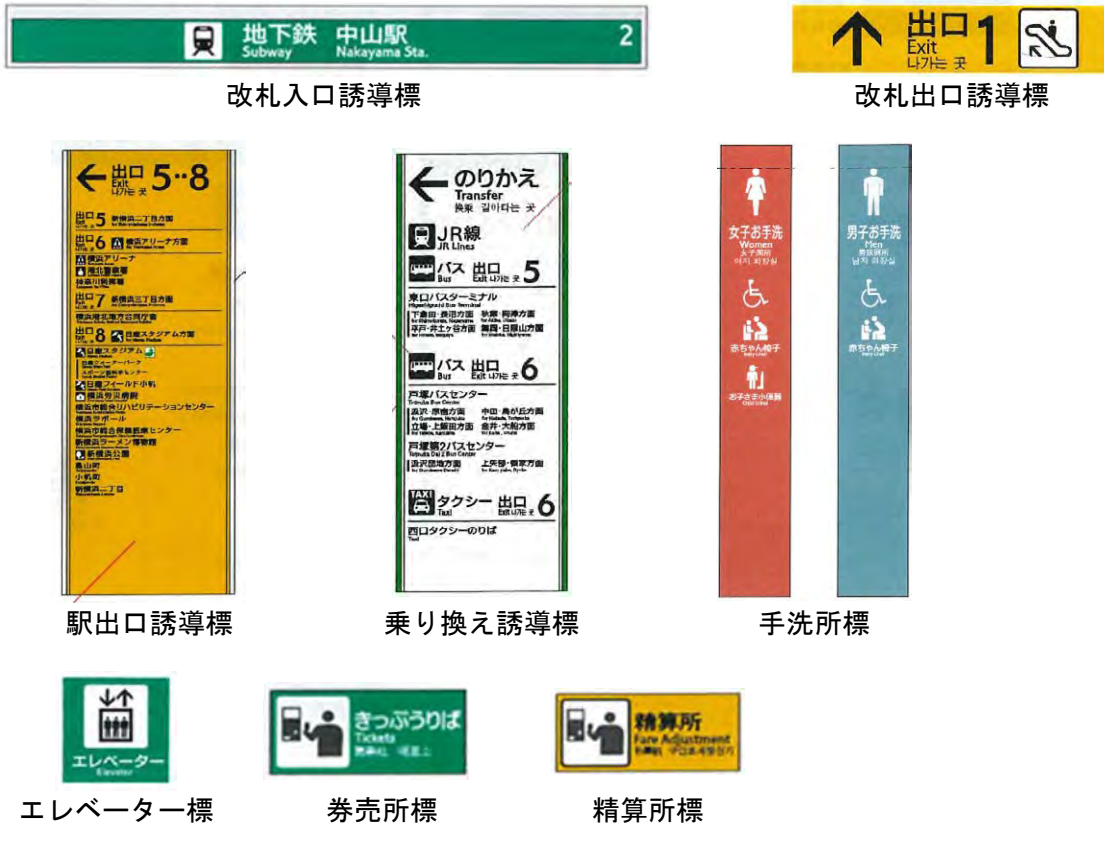
地下鉄相互ならびに地下部と地上部の乗り換え動線を確保するために必要な施設および施設整備の考え方を表 6.4.1 に示す。

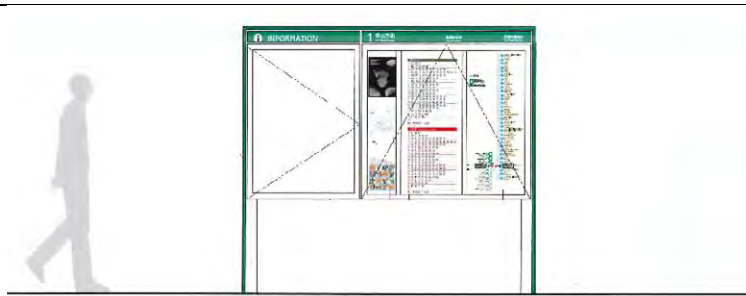
表 6.4.1 地下鉄の乗り換え動線を確保するために必要な施設および施設整備の考え方

| 必要施設 | 施設整備の考え方 |
|-------------------------|--|
| ホーム 改札口 | <ul style="list-style-type: none"> 安全かつ円滑な移動や乗り換えを支援するために必要な施設を整備する。 交通バリアフリーの観点にも配慮し、エスカレーター、エレベーター等の施設を設置する。 |
| 駅構内連絡通路 共通コンコース | <ul style="list-style-type: none"> 地下鉄相互の円滑な乗り換え、移動を支援するための施設として、地下鉄3線のコンコースからつながる連絡通路、共通コンコース等を整備する。 乗り換え移動時間を考慮し、トイレ、ベンチ、待合室等の便益施設の設置を行う。 多くの利用者が行き交う共通コンコースでは、店舗や商業施設等の地下鉄の運賃収入以外の収益が見込める施設や、各種イベント等が開催できるスペース等を設置できることが望ましい。 |
| 運行情報提供施設 案内板・他情報提供施設 | <ul style="list-style-type: none"> 案内サインは、サインを認識しやすくするため色彩による工夫や、案内サイン同士のデザインの統一感を確保する。広告スペースは、見やすさ（広告スペースや枠仕様の設計）、段階的な開発への対応（駅周辺開発に対応して広告スペースの増減を可能とする工夫）等に配慮する。 プラットフォームには、乗降車系エレベーター標、改札出口誘導標、乗り換え誘導標（他社線）、駅名標を設置する。 ラチ内コンコース（改札内）には、改札出入口誘導標、精算所標、運賃表を設置する。 ラチ外コンコース（共通コンコース含む）には、駅周辺案内標、駅構内案内標（駅事務室標/券売所/トイレ等の公共便益施設）、駅出入口案内標並びに誘導標、乗り換え案内標（他社線/バス/タクシー等）を設置する。 |

出典：JICA 調査団

《案内サインの例（出典：横浜市営地下鉄グリーンラインサイン・広告マニュアル）》





駅構内自立案内標の設置例

《地下鉄の運賃収入以外の収益をねらいとした広告設置例》



駅コンコース内の大型広告
(横浜駅)



連続・多面デジタルサイネージ広告
(横浜駅)



ホームドア広告
(横浜駅)



駅貼りポスター
(横浜駅)

(2) 各施設に求められる必要規模

RITESが実施した需要予測の結果を利用して表 6.4.1 に示した施設の必要規模を以下に示す。

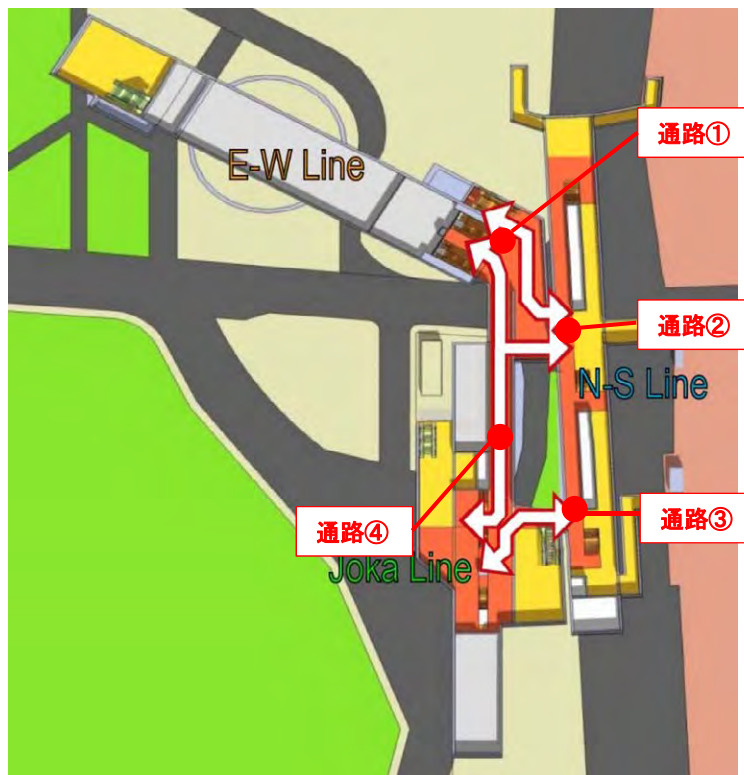
① ホーム・改札口

ホームの幅や自動改札機の幅や数量の検証は、「4.4.7-(5)建築設備・各設計項目の確認」の項で示しており、GCによる基本設計において、十分な規模が確保されていることを確認した。

② 駅構内連絡通路

駅構内連絡通路の有効幅員の算定は、図 6.4.1 に示した通路①から④の4つの通路を対象とした。

算定方法として、まず、RITES が実施した需要予測に基づく 1 日の乗り換え旅客数の結果をもとに、ピーク時の乗り換え旅客数¹、ピーク時の旅客数を基にした 1 分間の旅客数を算定した²。次に、通路①から④の 1 分間あたり通過旅客数を算定した。さらに、表 6.4.2 に示した歩行者空間のサービス水準を参照し、「水準 B：やや制約（1 分あたり 27～51 人/m 程度の通過を想定）」が可能となる有効幅員を算定した。



出典： RITES 作成の Approach Paper 内の図を基に JICA 調査団
 図 6.4.1 駅構内連絡通路の通路幅算定の対象通路

表 6.4.2 歩行者流量によるサービス水準

| 水準 | サービス内容 | 歩行者流量 |
|----|---------|--------------|
| A | 自由歩行 | ～27 人/m・分 |
| B | やや制約 | 27～51 人/m・分 |
| C | やや困難 | 51～71 人/m・分 |
| D | 困難 | 71～87 人/m・分 |
| E | ほとんど不可能 | 87～100 人/m・分 |

出典：大規模開発地区関連交通計画マニュアル/ 2007 年/ 国土交通省

通路①から④の通路の有効幅員の算定結果は表 6.4.3 に示すとおりであり、通路①は 12～23 m、通路②は 7～14 m、通路③は 2～3 m、通路④は 8～15 m を通路有効幅員として整備することが推奨される。なお、算定された数値はあくまで有効幅員であり、実際の整備に当たっては、さらに側方余裕（0.25m × 2）やキオスクなどのスペースを別途考慮する必要がある。

¹ 「ピーク時の乗り換え旅客数」は、1 日のうちで最も旅客が集中する時間帯の旅客数を意味しており、その比率（ピーク率）は、本調査内で実施した再委託調査（UPDATING KOLKATA METRO TRAFFIC DEMAND MODELLING AND STUDY）の結果を踏まえ 11% と設定した。

² 「ピーク時の旅客数を基にした 1 分間の旅客数」の算出にあたっては、ピークの時間帯の 1/60 の数値を用いることが通常であるが、ピーク時の 1 分当たりの平均に 20% の安全率を考慮し、本報告書では 1/60 × 1.2 = 1/50 の数値を用いることとした。

表 6.4.3 推奨する駅構内連絡通路の有効幅員の算定結果

| 通路番号 | 概要 | 1日の乗り換え旅客数 ³ | ピーク時の乗り換え旅客数(ピーク率 11%) | 各連絡通路の1分あたりの旅客数(1/50) | 推奨される連絡通路の有効幅員 |
|------|--|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|
| 通路① | 東西線と共通コンコースとを接続する通路。東西線と南北線・Joka線との乗り換え利用者が使用。 | 277,368人 | 30,510人 | 610人 | 12~23m |
| 通路② | 南北線と共通コンコースとを接続する通路。南北線と東西線・Joka線(南側出口)との乗り換え利用者が使用。 | 165,957人 | 18,255人 | 365人 | 7~14m |
| 通路③ | Joka線と南北線との乗り換え時に直接接続する通路。 | 38,897人 | 4,279人 | 86人 | 2~3m |
| 通路④ | Joka線と共通コンコースとを接続する通路。Joka線(北側出口)と南北線・東西線との乗り換え利用者が使用。 | 189,204人 | 20,812人 | 416人 | 8~15m |

出典：JICA調査団

③ 共通コンコース

上述したとおり、2035年時点の地下鉄3線の乗り換え旅客数は355,159人/日であり、Esplanade駅の共通コンコースは一日に多くの利用者が行き交うことが想定される。このため、共通コンコースは、地下鉄3線の円滑な乗り換え移動のための機能を備えることに加え、店舗や商業施設等の地下鉄の運賃収入以外の収益が見込める施設や各種イベント等が開催できる施設等を設置することを推奨する。

KMRCLならびにEsplanade駅の地下空間利用を検討している西ベンガル州へヒアリングしたところ、現時点では共通コンコースの設置は想定しているものの、設置に当たっては民間業者との協議ならびに合意形成が必要であることから、その具体的な利用形態は未だ想定していないとの回答が得られた。共通コンコースは、乗り換え空間以外の利用で占める割合が大きいことが想定されるため、ここでは、共通コンコースの規模算定は行っていない。

④ 運行情報提供施設、案内板・他情報提供施設

なお、イメージカラーの統一地下鉄3線の各ホーム、各階の階段付近、改札付近、地下鉄3線の連絡通路等において、必要な数量を設置することを推奨する。

6.4.2 他交通機関

(1) 他交通機関の整備の考え方

円滑で且つ安全な、地下鉄と他交通機関との乗り換えを確保するための各種施設の整備の考え方を表6.4.4に示す。

³ RITESが実施した需要予測(Approach Paper/2017年6月/RITES)の結果によると、2035年の1日の乗り換え旅客数は以下のとおりとなっており、通路①~通路④の旅客数は以下の数字をもとに算出している。

- ・南北線と東西線間 : 127,060人
- ・南北線とJoka線間 : 77,794人(なお、DPR内でJoka線には他地下鉄に接続する2つの通路を設ける計画としている。ここでは、Joka線を北側出口と南側出口のに半分ずつの旅客が移動することと想定して整理した。
- ・東西線とJoka線間 : 150,307人

表 6.4.4 地下鉄と他交通機関との円滑な乗り換えを確保するための整備の考え方

| 交通機関 移動手段 | 整備の考え方 |
|--------------|---|
| バス | <ul style="list-style-type: none"> 駅周辺はバスの交通量が多いためバスターミナル周辺では、歩行者の安全な通行が困難となっている。乗降スペース、停留場、メンテナンスエリアを含めたバスターミナルの再整備を行う。 地下鉄へのアクセスならびに地下鉄からのアクセスモードで最も多いのはバスである。地下鉄とバスとの乗り換え利便性の向上に向け、バス動線と他交通動線とを分離する。 |
| トラム | <ul style="list-style-type: none"> 現在のトラムは老朽化している。さらにトラム路線の一部はバス路線と重なりあっているため利用者数が少なくなっている。トラムが担う役割を明確にした上で、その役割に相応しいトラムの再整備を路線の再構築を含めて行う必要がある。 |
| タクシー リキシャ | <ul style="list-style-type: none"> 現在、タクシーやリキシャの特定の駐車スペースはなく、駅周辺に無秩序に駐車されている。地下鉄 3 線の出入り口の位置を考慮しつつ、地下鉄利用者のための駐車スペースを整備する。 |
| 自家用車 | <ul style="list-style-type: none"> 将来的には、公共交通志向型開発（TOD）を目指すことを前提しつつ、駅周辺には、地下鉄利用者のための自家用車の駐車スペースを最低限整備する。 |
| 歩行者 | <ul style="list-style-type: none"> 駅周辺ではバス、タクシー、自家用車等が輻輳し、歩行者の安全な通行が困難となっている。歩行者動線と他交通動線を分離するとともに、段差解消等による交通バリアフリーの観点にも配慮する。 |

出典：JICA 調査団

(2) 各交通機関に必要な施設規模

表 6.4.4 に示した各種施設に必要な面積を、先進事例の多い日本における算定式⁴を参考に算定する。各種施設の必要面積は以下に示す面積の合計となる。

- （駅前広場の総面積） = （バス用面積） + （タクシー用面積） + （自家用者用面積） + （歩道面積） + （車道面積） + （その他面積）
- （バス用面積） = （バス乗降バース面積） + （バス乗場滞留面積）
- （タクシー用面積） = （タクシー乗降バース面積） + （タクシー乗場滞留面積） + （タクシー駐車スペース）
- （自家用車用面積） = （自家用車乗降バース面積） + （自家用車駐車場面積）
- （歩道面積） = （ピーク時歩行者数に基づく歩道幅員） × （平均歩行距離）
- （車道面積） = （ピーク時自動車台数に基づく車道幅員） × （平均走行距離）

表 6.4.5 に示す算定条件を用いて各交通機関に必要な面積を算定する。算定結果は表 6.4.6 に示すとおりである。

表 6.4.5 駅前広場内の各交通機関に必要な施設規模の算定のための条件

| 算定条件 | |
|-------------|---|
| 乗降客数 | : 187,000 人 出所：RITES が実施した需要予測（Approach Paper / 2017 年 6 月 / RITES） |
| ピーク率 | : 11% 出所：本調査内で実施した再委託調査結果 |
| 交通手段 分担率 | : バス 40%、タクシー 20%（リキシャ含む）、自家用車 5%、徒歩 35% （UPDATING KOLKATA METRO TRAFFIC DEMAND MODELLING AND STUDY） |

出典：JICA 調査団

⁴ 日本における鉄道駅に併設される駅前広場内の各施設やスペースの必要面積を算出するために用いられる「48 年式」を用いる。「48 年式」は、建設省（現国土交通省）および日本国有鉄道（現 JR）が都市計画協会に研究依頼をし、駅前広場整備計画調査委員会を設けて審議し策定された算出式である。

表 6.4.6 駅前広場内の各交通機関に必要な施設規模の算定結果

| 必要規模（算定結果） | | |
|------------|--------|---|
| 駅前広場 | 総面積 | 46,689.0 m ² |
| バス | 必要面積 | 5,239.0 m ² （バス乗降バス面積 4,550 m ² / バス乗場滞留面積 689 m ² ） |
| | 必要バス数 | 65 バス（バス乗車バス数 41 バス / バス降車バス数 21 バス） |
| タクシー | 必要面積 | 11154.5 m ² （タクシー乗降バス面積 460 m ² / タクシー乗場滞留面積 334.5 m ² / タクシー駐車場面積 10,350 m ² ） |
| | 必要バス数 | 23 バス（タクシー乗車バス数 6 バス / タクシー降車バス数 17 バス） |
| | 必要駐車場数 | 345 台 |
| 自家用車 | 必要面積 | 2,460 m ² （自家用車乗降バス面積 300 m ² / 自家用車駐車場面積 2,160 m ² ） |
| | 必要バス数 | 15 バス |
| | 必要駐車場数 | 215 台 |

出典：JICA 調査団

注：本調査内で実施した Esplanade 駅の利用実態調査によれば、駅へのアクセス、駅からのアクセスにはバイクや自転車を利用している利用者が約 10%から 15%おり、それらの駐車スペースも適宜確保する必要がある。

6.5 駅周辺開発の提案

地域の資産となる拠点として Esplanade 駅および駅周辺を一体整備するためには、地下鉄と各交通機関の乗り換え動線を確保するだけでなく、コルカタの玄関口としてふさわしい駅前広場の景観形成を図る必要がある。具体的には以下のような整備を進めることが望まれる。

- コルカタの地域特性を踏まえ、周辺環境に配慮した修景施設、案内版を整備する。
- 居住者や来訪者が憩い集える場として、公衆トイレ、休憩ベンチ、キオスク等の便益施設を整備する。
- 居住者や来訪者の交流機能を充実するため、野外展示場、水辺、スポーツおよびレクリエーション施設、芸術・文化を楽しむゾーン等を設置する。



写真 6.5.1 駅前の便益施設（東京駅）



写真 6.5.2 バスターミナル（東京駅）



写真 6.5.3 駅前広場の案内版（新宿駅）



写真 6.5.4 駅前広場の利用のイメージ

6.6 開発の段階整備のシナリオと課題

6.1 から 6.5 に示した Esplanade 駅および駅周辺開発を効果的かつ効率的に進めていくため、以下の STEP1 から STEP3 の流れに従って段階的に進めていくことを提案する。また、Esplanade 駅および駅周辺開発を効果的に進めるためには、鉄道省や西ベンガル州等の官のみでは実効することは難しく、開発の各段階で民間事業者との協議・合意形成を図り、官民が一体となって整備を進めることが望ましい。

STEP1：地下鉄3線の共通コンコースの整備

鉄道省が主体となり、交通施設としての南北線、東西線、Joka 線の各駅舎施設を早期に整備するとともに、地下鉄相互の乗り換えを支援する共通コンコースを整備する。

整備にあたっては、将来の利用者数を想定して駅構内施設や共通コンコース等の規模を考慮する必要がある。また、南北線と東西線の鉄道管理者は MRK、Joka 線の鉄道管理者は RVNL である。共通コンコースおよび他共有施設を円滑に運営していくにあたり、交通運営者のデマケーションの明確化を図る必要がある。

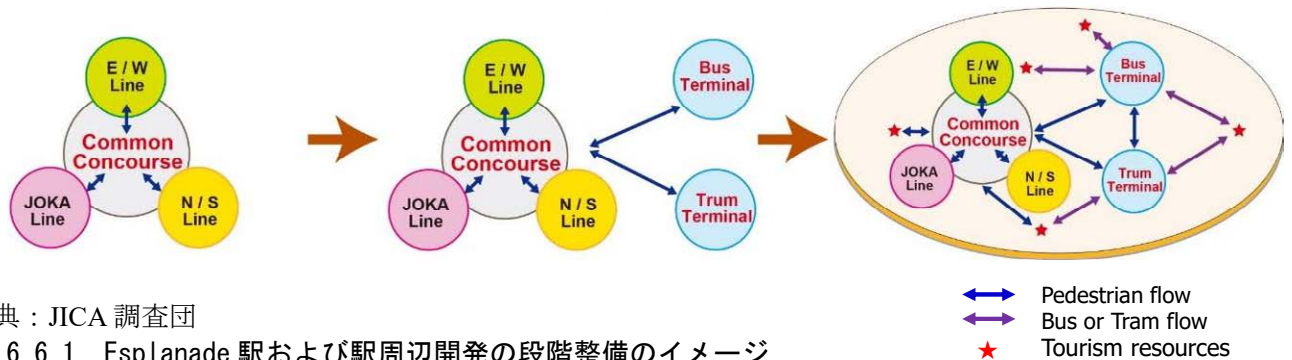
STEP2：バスならびにトラムターミナルの再整備と地下鉄との乗り換え動線の確保

地下鉄と他交通機関との乗り換え施設としての駅前広場や連絡施設等を整備する。また、地下部の駅構内連絡通路や共通コンコースには、地下鉄の運賃収入以外の収益が見込める駅ナカ・駅ビル商店街としての商業施設を整備する。

整備にあたっては、整備主体の明確化と整備手法を検討し、整備施設に関連する交通運営者間の合意形成を図る必要がある。なお、駅ナカ・駅ビル商店街等の運営は民間事業者に譲渡することが望ましく、交通運営者と民間事業者との費用分担等も関係者間で調整する必要がある。

STEP3：Esplanade 駅周辺地域とのネットワークの形成

駅周辺への交通アクセシビリティの向上を目的とした公共交通ネットワークの整備と駅周辺開発を行う。整備にあたっては、コルカタ首都圏全体での交通ネットワークの検討を行い、駅周辺の魅力を高める諸機能を導入する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 6.6.1 Esplanade 駅および駅周辺開発の段階整備のイメージ

